



## [12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 98806264.X

[45] 授权公告日 2004 年 3 月 24 日

[11] 授权公告号 CN 1143164C

[22] 申请日 1998.3.26 [21] 申请号 98806264.X

[30] 优先权

[32] 1997.4.23 [33] JP [31] 105518/1997

[86] 国际申请 PCT/JP98/01348 1998.3.26

[87] 国际公布 WO98/48320 日 1998.10.29

[85] 进入国家阶段日期 1999.12.16

[71] 专利权人 夏普公司

地址 日本大阪市

[72] 发明人 冈本正之 三井精一 佐藤孝

审查员 张惠军

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

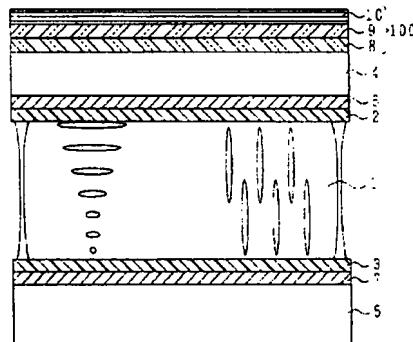
代理人 姜鄂厚 叶恺东

权利要求书 3 页 说明书 45 页 附图 31 页

[54] 发明名称 反射型液晶显示装置及由其构成的  
触摸板一体式反射型液晶显示装置

## [57] 摘要

本发明提供一种具有对比度系数又高又清晰的可进行彩色显示的反射型彩色液晶显示装置及由该反射型液晶显示装置构成的虽然设置触压敏感式输入装置也不会损害显示的触摸板一体式液晶显示装置。在备有光反射性衬底(5)、衬底4、将具有正介电各向异性的向列液晶夹持在衬底4-衬底5之间的液晶层(1)、第1光学相位差补偿板(8)、第2光学相位差补偿板(9)、及偏振片(10)的反射型液晶显示装置中，使以下各参数最佳化，即，①光学相位差补偿板(8、9)的衬底法线方向的延迟；②偏振片(10)的透射轴或吸收轴与光学相位差补偿板(8、9)的滞后轴所成的角度；③液晶层(1)的扭曲角；④液晶层(1)的液晶双折射率差与液晶层厚度的乘积；及⑤衬底(4)附近的液晶分子的定向方向与偏振片(10)的透射轴或吸收轴所成的角度。



1 0 0 8 - 4 2 7 4

1. 一种反射型液晶显示装置，备有：液晶层，夹持在具有光反射性的第1衬底与具有光透射性的第2衬底之间并由介电各向异性为正的扭曲定向的向列液晶构成；及圆偏振装置，具有1片直线偏振片并从自然光有选择地使左旋或右旋的任意一种圆偏振光透过；该反射型液晶显示装置的特征在于：至少由上述第1衬底、液晶层、圆偏振装置按其顺序层叠配置构成，当自然光入射到上述圆偏振装置时射出圆偏振光的该圆偏振装置的正面设置在上述液晶层侧，同时，该液晶层的液晶双折射率差与液晶层厚度的乘积在150nm以上、350nm以下，且该液晶层的扭曲角范围为45度~100度。

2. 根据权利要求1所述的反射型液晶显示装置，其特征在于：上述圆偏振装置，由从液晶层侧起按其顺序配置的将衬底法线方向的延迟设定为100nm以上180nm以下的第1光学相位差补偿板、将衬底法线方向的延迟设定为200nm以上360nm以下的第2光学相位差补偿板、及直线偏振片构成，且当上述直线偏振片的透射轴或吸收轴与上述第1光学相位差补偿板的滞后轴所成的角度为θ1、上述直线偏振片的透射轴或吸收轴与上述第2光学相位差补偿板的滞后轴所成的角度为θ2时，|θ2 - θ1|的值，为35度以上、55度以下。

3. 根据权利要求2所述的反射型液晶显示装置，其特征在于：上述液晶层的扭曲角范围为60度~100度，同时，该液晶层的液晶双折射率差与液晶层厚度的乘积在250nm以上、330nm以下，且上述第2衬底附近的液晶分子的定向方向与上述直线偏振片的透射轴或吸收轴所成的角度θ3在20度以上、70度以下或110度以上、150度以下。

4. 根据权利要求1所述的反射型液晶显示装置，其特征在于：具有上述光反射性的第1衬底备有光反射膜，该光反射膜，具有光滑和连续变化的凹凸形状且由导电性材料构成。

5. 根据权利要求4所述的反射型液晶显示装置，其特征在于：上述光反射膜的光滑和连续变化的凹凸形状，具有随衬底平面内的方位而不同的方向性。

6. 根据权利要求1所述的反射型液晶显示装置，其特征在于：在上述圆偏振装置与液晶层之间，至少配置一个用于消除液晶层的残留相位差的第3光学相位差补偿板。

7. 根据权利要求 6 所述的反射型液晶显示装置，其特征在于：上述第 3 光学相位差补偿板的至少一个，具有倾斜的光轴、或具有在内部有连续变化的倾斜方位的三维定向的光轴。

8. 根据权利要求 1 所述的反射型液晶显示装置，其特征在于：上述第 1 和第 2 光学相位差补偿板，相对于波长 450nm 的光的折射率各向异性  $\Delta n(450)$  及相对于波长 650nm 的光的折射率各向异性  $\Delta n(650)$  与相对于波长 550nm 的光的折射率各向异性  $\Delta n(550)$  之比，分别满足

$$1 \leq \Delta n(450) / \Delta n(550) \leq 1.06$$

$$10 \quad 0.95 \leq \Delta n(650) / \Delta n(550) \leq 1$$

9. 根据权利要求 8 所述的反射型液晶显示装置，其特征在于：上述第 1 和第 2 光学相位差补偿板，相对于波长 450nm 的光的折射率各向异性  $\Delta n(450)$  及相对于波长 650nm 的光的折射率各向异性  $\Delta n(650)$  与相对于波长 550nm 的光的折射率各向异性  $\Delta n(550)$  之比，分别满足

$$15 \quad 1 \leq \Delta n(450) / \Delta n(550) \leq 1.007$$

$$0.987 \leq \Delta n(650) / \Delta n(550) \leq 1$$

10. 根据权利要求 1 所述的反射型液晶显示装置，其特征在于：

上述液晶层的扭曲角范围为 65 度以上、90 度以下，同时，该液晶层的液晶双折射率差与液晶层厚度的乘积在 250nm 以上、300nm 以下，且上述第 2 衬底附近的液晶分子的定向方向与上述直线偏振片的透射轴或吸收轴所成的角度  $\theta_3$  在 110 度以上、150 度以下。

11. 根据权利要求 1 所述的反射型液晶显示装置，其特征在于：上述第 2 衬底附近的液晶分子的定向方向与上述直线偏振片的透射轴或吸收轴所成的角度  $\theta_3$  在 110 度以上、150 度以下，并将观察方位设定为包含与上述第 2 衬底附近的液晶分子的定向方向相差 90 度的方向和显示面法线的平面内的方位。

12. 根据权利要求 1 所述的反射型液晶显示装置，其特征在于：上述第 2 衬底附近的液晶分子的定向方向与上述直线偏振片的透射轴或吸收轴所成的角度  $\theta_3$  为 20 度 ~ 70 度，并将观察方位设定为包含上述第 2 衬底附近的液晶分子的定向方向和显示面法线的平面内的方位。

13. 根据权利要求 5 所述的反射型液晶显示装置，其特征在于：上

述第2衬底附近的液晶分子的定向方向与上述直线偏振片的透射轴或吸收轴所成的角度 $\theta_3$ 在110度以上、150度以下，并将观察方位设定为包含与上述第2衬底附近的液晶分子的定向方向相差90度的方向和显示面法线的平面内的方位，且将该观察方位设定在包含上述光反射膜的平均凹凸周期在衬底平面内的不同方位中的短的方位和显示面法线的平面内。  
5

14. 根据权利要求5所述的反射型液晶显示装置，其特征在于：上述第2衬底附近的液晶分子的定向方向与偏振片的透射轴或吸收轴所成的角度 $\theta_3$ 为20度~70度，并将观察方位设定为包含上述第2衬底附近的液晶分子的定向方向和显示面法线的平面内的方位，且将该观察方位设定在包含上述光反射膜的平均凹凸周期在衬底平面内的不同方位中的短的方位和显示面法线的平面内。  
10

15. 根据权利要求1所述的反射型液晶显示装置，其特征在于：上述第2衬底附近的液晶分子的定向方向与上述直线偏振片的透射轴或吸收轴所成的角度 $\theta_3$ 为40度~60度，并将包含观察方位和显示面法线的平面内的方位与上述第2衬底附近的液晶分子所成的角度 $\theta_4$ 设定为0度以上、30度以下或180度以上、210度以下。  
15

16. 一种触摸板一体式反射型液晶显示装置，由反射型液晶显示装置构成，该反射型液晶显示装置备有：液晶层，夹持在具有光反射性的第1衬底与具有光透射性的第2衬底之间并由介电各向异性为正的扭曲定向的向列液晶构成；及圆偏振装置，具有1片直线偏振片并从自然光有选择地使左旋或右旋的任意一种圆偏振光透过；其中，由上述第1衬底、液晶层、圆偏振装置按其顺序层叠配置构成反射型液晶显示装置的一部分，当自然光入射到上述圆偏振装置时射出圆偏振光的该圆偏振装置的正面设置在上述液晶层侧，同时，该液晶层的液晶双折射率差与液晶层厚度的乘积在150nm以上、350nm以下，且该液晶层的扭曲角范围为45度~100度；该反射型液晶显示装置的特征在于：在上述圆偏振装置与上述第2衬底之间备有层状的空隙，用于夹持对来自外部的压力进行检测的平面状压敏元件。  
20  
25

反射型液晶显示装置及由其构成的触摸板  
一体式反射型液晶显示装置

5 技术领域

本发明涉及字处理器、笔记本式个人计算机等办公自动化(OA)设备以及各种视频设备和游戏机等所采用的在结构上无需背光源的直视式的反射型液晶显示装置及由其构成的触摸板一体式反射型液晶显示装置。

10 背景技术

目前，以厚度薄、重量轻等为特征的液晶显示装置，已作为彩色显示器付诸实用。另外，在彩色液晶显示装置中，采用了背光源的透射型液晶显示装置，获得了特别广泛的应用，由于如上所述的特征，其用途正扩大到各种领域。

15 另一方面，与这种透射型液晶显示装置相比，反射型液晶显示装置，因在其显示中不需要背光源，所以具有能减低光源的耗电、同时可节省背光源所占空间和重量等特征。

即，反射型液晶显示装置，可以实现耗电量的减低，并适用于要求重量轻、厚度薄的设备。作为其一例，如制作成使设备的工作时间20 相同，则由于不仅可以节省背光源的空间和重量而且能减小耗电量，所以可采用小型电池，因而能进一步小型轻量化。或者，如制作成使设备的大小或重量相同，则由于能采用大型电池，因而可望使工作时间显著增加。

另外，在显示的对比度特性方面，在作为发光型显示装置的CRT等情况下，当白天在户外使用时，可以看到其对比度大幅度降低，即使是进行了低反射处理后的透射型液晶显示装置，当处在直射日光下等的周围光与显示光相比非常强时，对比度同样不可避免地大幅度降低。

30 与此相反，反射型液晶显示装置，可以获得与周围光量成比例的显示光，所以对经常在户外使用的携带式信息终端设备、数字式照相机、携带式摄像机等特别适用。

尽管有上述的非常有希望的应用领域，但因在足够的对比度和反

射率、多色彩化、高清晰度显示和动图象显示等性能方面还不能充分满足要求，所以，到现在为止尚未开发出具有充分实用性的反射型彩色液晶显示装置。

以下，更详细地说明反射型液晶显示装置。现有的扭曲向列(TN)型液晶元件，在结构上使用2片直线偏振片（以下，简称偏振片），所以在对比度及其与视角的相关性特性上具有优良的特性，但反射率必然很低。此外，由于液晶调制层与光反射层相隔的距离仅相当于衬底等的厚度，所以，将因照明光的入射时与反射时的光路差异而产生视差。因此，特别是在将对每种色素提供不同像素的滤色器与单层的液晶调制层组合的通常的透射型液晶显示器所采用的结构中，如光的传播方向从衬底法线方向倾斜，则周围光入射时通过的色素与该光在反射后通过的色素不同。在这种情况下，将产生纹波畸变等不正常现象，因而对彩色的高析象度、高清晰度显示装置不适用。

根据上述原因，采用这种显示模式的反射型彩色显示，还没有达到实用化的程度。

与此不同，已开发了一种不使用偏振片或只用1片偏振片并在液晶中添加了染料的宾主型液晶元件（以下简称CH），但存在着因添加了染料而导致可靠性降低以及因染料的二色性比低而不能获得高对比度的问题。

在这当中，特别是，在采用滤色器的彩色显示中，对比度不够将使颜色纯度大幅度降低，所以，必须与颜色纯度高的滤色器组合。因此，存在着因采用颜色纯度高的滤色器而使亮度降低从而对不使用偏振片的本方式的亮度高的优点造成损害的问题。

在这些背景下，开发出一种可以期望实现高析象度、高对比度显示的采用1片偏振片的方式（以下，称作单偏振片方式）的液晶显示元件。

作为一例，在特开昭55-48733号公报中公开了一种使用1片偏振片及1/4波阻片的反射型TN（扭曲45°型）方式的液晶显示装置。

在该液晶显示装置中，通过采用扭转45°的液晶层并控制所施加的电场，实现两种状态，即，使入射直线偏振光的偏振面与1/4波阻片的光轴平行的状态及相差45°的状态，从而进行白黑显示。这种液晶单元的结构，从光入射侧起，包括偏振器、45°扭曲液晶单元、1/4

波阻片、反射板。

另外，在 USP4701028 (Clerc 等) 中，公开了一种将 1 片偏振片、 $1/4$  波阻片、及垂直定向液晶单元组合的反射型垂直定向方式的液晶显示装置。

5 本申请的发明者，还申请着一种将 1 片偏振片、平行定向液晶单元、及光学相位差补偿板组合的反射型平行定向方式（参照特开平 6-167708 号公报）。

10 这种反射型液晶显示装置，由均匀（平行）排列的液晶层构成的液晶单元、反射板（在液晶单元内部配置在液晶层的下部）、偏振片（配置在液晶单元的上部）、及 1 个光学相位差补偿板（配置在液晶单元与偏振片之间）构成。并且，在该显示模式中，入射光路和出射光路合在一起的总光路，只通过偏振片 2 次，对液晶单元玻璃衬底（上衬底）上的不可避免地发生光吸收的透明电极也只通过 2 次。因此，在这种反射型液晶显示装置的结构中，可以获得高的反射率。

15 另外，在特开平 2-236523 号公报中，公开了一种将扭曲向列液晶层配置在反射板（配置在液晶单元的内表面上）与 1 片偏振片之间的结构。

20 进一步，在 Fourth Asian Symposium on Information Display (Chung-Kuang Wei et al., Proceedings of The Fourth Asian Symposium on Information Display, 1997, p25, 以下简称 ASID97) 中，公开了一种将扭曲 90 度后的向列液晶配置在反射板（配置在单元的内表面上）与实现了宽频带的  $1/4$  波阻片及偏振片之间的结构。

25 另外，在特开平 4-116515 号公报中，公开了一种入射圆偏振光并将其用于显示的液晶显示装置。此外，作为以宽频带获得圆偏振光的方法，Pancharatnam 在 Proc. Ind. Acad. Sci. Vol. XLI, No4. SecA, p130, 1955 中，对采用多个光学相位差补偿板的结构进行了阐述。

30 下面，说明上述特开平 6-167708 号公报、特开平 2-236523 号公报、ASID97、特开平 4-116515 号公报中所公开的单偏振片方式的显示原理。

配置在入射侧的偏振片，具有仅使入射光和出射光的偏振光的直线分量中的一个方向通过并对另一方向进行吸收的作用。并且，通过

偏振片后的入射光，由 $\lambda/4$  波片等光学相位差补偿板改变偏振状态（在特开平 6-167708 号公报、ASID97 的情况下），或在原状态下（在特开平 2-236523 号公报的情况下）直接入射到液晶层，当通过液晶层时进一步改变偏振状态，然后到达反射板。

5 进一步，到达反射板的光，按与入射时相反的顺序，一面改变偏振状态，一面通过液晶层、 $\lambda/4$  波片等，因此，液晶层的总反射率，将决定于最终的偏振片透射方位的偏振光分量所占的比例。就是说，出射时刚通过偏振片的偏振光状态，如果是偏振片的透射方位的直线偏振光则最亮，如果是偏振片的吸收方位的直线偏振光则最暗。

10 众所周知，用于对垂直于液晶显示装置入射和出射的光实现上述状态的充分必要条件是，对于亮状态，反射板上的偏振光状态为任意方位的直线偏振光，而对于暗状态，反射板上应为右旋或左旋的圆偏振光。

15 另一方面，在携带式信息设备中，除以往采用着的键盘外，触摸板是很有用的输入手段。特别是，随着信息处理能力的提高及软件的不断开发，对于对来自键盘的输入进行变换所需的某种语言例如日语等的输入来说，一般已不再是将触摸板作为简单的指点器，而是作为手写直接输入等输入装置使用。

20 在这种输入形态下，在显示装置正面重叠地配置输入装置。但是，由于在反射型液晶显示装置中利用反射光进行显示，所以，对触摸板进行低反射处理的手段不应损害设在下部的反射型液晶显示装置的显示。例如，在特开平 5-127822 号公报中公开了将 $1/4$  波阻片及偏振片重叠在触摸板上而进行低反射处理的技术。

25 但是，在上述现有技术中，特开昭 55-48733 号公报所公开的液晶显示装置，必须将 $1/4$  波阻片配置在液晶层与反射板之间，但从原理上说在液晶单元内侧很难形成反射膜，因而不适用于高分辨率度、高清晰度显示。

30 另外，在上述 USP4701028 所公开的垂直定向方式的液晶显示装置中，存在着如下的问题。首先，垂直定向、特别是倾斜垂直定向，极难控制，为实现这种控制，需要很复杂的结构，因而不适用于批量生产。此外，垂直定向的另一缺点是响应速度迟缓。

另外，在上述反射型平行定向方式中，将因液晶单元和光学相位

差补偿板的波长分散而发生着色现象。在这种现有的结构中，在暗状态下极易产生着色现象，因而存在着不能实现白黑显示的问题。

另外，在上述特开平 2-236523 号公报和特开平 4-116515 号公报的结构中，与采用 2 片偏振片的结构相比，明亮状态的反射率虽然 5 提高，但暗状态的透射率对波长的依赖性很大，所以仍不能实现良好的白黑显示。

此外，在上述 ASID97 所公开的显示模式中，虽然能进行白黑显示，但关于在该文献的宽频带下制作的  $1/4$  波阻片的结构完全没有公开。

10 另外，在 Pancharatnam 的报告中，为获得良好的圆偏振光，必须使用 3 个光学相位差补偿板，因而是不实用的。此外，将其与液晶显示装置组合时的详细研究尚未完成。

15 另一方面，对于触摸板一体式反射型液晶显示装置，即使作为反射型液晶显示装置实现了可实用的性能，但如配置触摸板则存在着使可视性极度恶化的问题。

即，透射型液晶显示装置或其他发光型显示装置在配置了触摸板后的可视性降低，通过将导致触摸板产生反射光的光源（例如顶蓬灯等）的光消除或使其改变方向，可以很容易解决，与此不同，在反射型液晶显示装置中，同一光源，既能使触摸板产生反射、又用作显示装置的显示光源，所以上述的解决方式就无济于事了。因此，其可视性降低的解决，关键在于在实现显示装置的同时实现实用的耗电量低的携带式信息设备。

20 另外，特开平 5-127822 号公报中公开的触摸板的结构，虽然因  $1/4$  波阻片的作用而具有防反射的效果，但通常的  $1/4$  波阻片仅对可见区域的特定波长具有优良的防反射功能，而对大于或小于该波长的波长其防反射的能力就不可避免地降低了。另外，显示的亮度，由设置在下部的显示装置的偏振状态包含着多少通过该  $1/4$  波阻片与偏振片的组合得到的圆偏振器的透射光分量决定。

即，当在下部使用实际上不具备偏振特性的显示装置（例如，在 30 360 度扭曲液晶内混入色素后的ホワイト - ラ - 型宾主式液晶显示装置）时，根据配置在触摸板正面的偏振片的透射率，其反射效率最大为不使用触摸板时的  $1/2$ 。作为另一例，在下部的显示装置利用直

线偏振光进行显示（例如，在触摸板与液晶单元的间隙中进一步配置有偏振片的 TN 型或 STN 型液晶显示装置）的情况下，反射效率同样也是最大为不使用触摸板时的 1/2。另外，在该例中，由于 1/4 波阻片的相位差取决于光的波长，所以，如配置成将其夹在偏振片之间，  
5 则色调将发生变化。无论是哪一种情况，亮度都不够，因而与不具备背景光等亮度提高手段的反射型液晶显示装置组合使用都是不适当的。

从上述可知，特开平 5-127822 号公报中公开的触摸板必须进一步改进防反射功能，此外，在该公报中没有公开将入射到上述触摸板  
10 的外来光用于反射型液晶显示装置的适当的结构。

#### 发明的公开

本发明的目的在于，解决可实现高析象度显示的单偏振片方式反射型液晶显示装置的问题并提供一种对比度又高又清晰的在可视性上优良的可进行彩色显示的反射型液晶显示装置、及由该反射型液晶  
15 显示装置构成的虽然配置触压敏感式输入装置也不会损害显示的触摸板一体式反射型液晶显示装置。

为达到上述目的，本申请发明的反射型液晶显示装置，备有：液晶层，夹持在具有光反射性的第 1 衬底与具有光透射性的第 2 衬底之间并由介电各向异性为正的扭曲定向的向列液晶构成；及圆偏振装置，具有直线偏振片（以下，简称偏振片）并从自然光有选择地使左旋或右旋的任意一种圆偏振光透过；该反射型液晶显示装置，至少由上述第 1 衬底、液晶层、圆偏振装置按其顺序层叠配置构成，当自然光入射到上述圆偏振装置时射出圆偏振光的该圆偏振装置的主面设置在上述液晶层侧，同时，在结构上，该液晶层的液晶双折射率差与  
20 液晶层厚度的乘积在 150nm 以上、350nm 以下，且该液晶层的扭曲角范围为 45 度～100 度。  
25

本申请的发明者，在可以配置成无视差结构并能实现高析象度显示的单偏振片方式反射型液晶显示装置中，对能以电的方式切换实现亮状态和暗状态所需的反射板上的不同偏振状态进行了各种研究，结果发现，本反射型液晶显示装置，由于在结构上备有圆偏振装置从而能在对液晶层施加电压的状态下实现液晶显示装置的暗状态，所以，  
30 在液晶层的制造工序中不需要高的精度就能实现良好的暗状态。

进一步还发现，在采用实现上述偏振状态的圆偏振装置并在低电压状态下实现足够的亮状态的反射型液晶显示装置中，通过按如上所述方式设计液晶层，与上述现有技术相比，可以更容易地制造该反射型液晶显示装置。

5 即，按照上述结构，通过采用圆偏振装置及液晶层并使其配置关系按如上所述进行，可以解决现有结构中存在的问题，并能实现显示特性优良的反射型液晶显示装置。

另外，在上述反射型液晶显示装置中，圆偏振装置，由从液晶层侧起按其顺序配置的将衬底法线方向的延迟设定为100nm以上10 180nm以下的第1光学相位差补偿板、将衬底法线方向的延迟设定为200nm以上360nm以下的第2光学相位差补偿板、及偏振片构成，且在结构上当偏振片的透射轴或吸收轴与第1光学相位差补偿板的滞后轴所成的角度为θ1、偏振片的透射轴或吸收轴与第2光学相位差补偿板的滞后轴所成的角度为θ2时，|2×θ2-θ1|的值，最好为35度15 以上、55度以下。

已经发现，按照这种最佳的结构，可以将偏振片与光学相位差补偿板的结构作为实现如上所述的偏振状态的圆偏振装置的结构，在具有这种结构的圆偏振装置中，可以将实质上的可见波长区域的光转换成圆偏振光。此外，偏振片的透射轴和吸收轴，相互成正交关系。

20 另外，在上述反射型液晶显示装置中，在结构上最好是，液晶层的扭曲角范围为60度～100度，同时，该液晶层的液晶双折射率差与液晶层厚度的乘积在250nm以上、330nm以下，且第2衬底附近的液晶分子的定向方向与偏振片的透射轴或吸收轴所成的角度θ3在20度以上、70度以下或110度以上、150度以下。

25 按照这种结构，由于液晶层的液晶双折射率差与液晶层厚度的乘积较大，所以液晶材料的选择范围宽，同时，因液晶层厚度容易控制所以更易于制造，而且，通过按如上所述设定θ3，可以实现能够抑制反差、白显示的着色、黑显示的着色的显示质量高的反射型液晶显示装置。

30 另外，在上述反射型液晶显示装置中，在结构上最好是，具有上述光反射性的第1衬底备有光反射膜，该光反射膜，具有光滑和连续变化的凹凸形状且由导电性材料构成。

按照这种结构，作为不产生不必要的散射并与平坦镜面一样对偏振光没有扰乱作用（消偏振作用）从而不会损害能使上述反射型液晶显示装置进行高析象度显示的反射率调制方法的漫射性反射板，与使用无漫射性的镜面性反射板并在显示装置正面配置了散射板的装置相比，能够实现非常有效的反射特性。此外，由于光反射膜采用导电性材料，所以，通过与第2衬底的透明电极协同动作，该光反射膜还可以起到作为向液晶层施加电压的电极的作用。

进一步，在结构上最好是，光反射膜上设有的凹凸形状，具有随衬底平面内的方位而不同的方向性。

已经发现，在这种最佳的结构中，设在光反射膜上的凹凸形状的平均周期的特征是漫射性反射特性，即，通过将该平均凹凸周期对反射板平面内的任意方位设定得相同从而使入射光均匀漫射，并相对于该平面内的特定方位改变该周期，可以增大将来自特定方位的照明光反射到特定方位时的反射率。这种结构，与宾主方式相比，对实现良好的暗状态的本申请发明的反射型液晶显示装置是特别有效的，可以实现更明亮的反射型液晶显示装置。

另外，在上述反射型液晶显示装置中，在结构上，最好在圆偏振装置与液晶层之间至少配置一个用于消除液晶层的残留相位差的第3光学相位差补偿板。

当对液晶层施加的电压为有限值时，即使对液晶层施加最大电压而实现暗显示，根据与衬底平行的液晶定向分量，也要残留一定程度的偏振变换作用即残留相位差，上述最佳的结构，正是为了消除这种残留相位差。通过利用第3光学相位差补偿板消除该残留相位差，可以在实用上的最大电压下实现良好的黑显示。此外，通过调整第2光学相位差补偿板的延迟，也可以达到同样的效果。

另外，在上述反射型液晶显示装置中，配置在圆偏振装置与液晶层之间的第3光学相位差补偿板的至少一个，在结构上最好具有倾斜的光轴、或具有在内部有连续变化的倾斜方位的三维定向的光轴。

在以实际驱动电压的最大值实现良好的暗显示并由此而获得良好显示的方法中，能有效地补偿对液晶层施加足够电压的状态下的液晶残留双折射，为此，可以通过扩大能够有效地消除液晶层的残留双折射的观察角度范围来扩大视角。

为了实现这一点，在本结构中，对第3光学相位差补偿板的至少一个考虑液晶定向的三维配置，由此，可以实现具有更为良好的显示特性的反射型液晶显示装置。

另外，在上述反射型液晶显示装置中，第1和第2光学相位差补偿板，最好是相对于波长450nm的光的折射率各向异性 $\Delta n(450)$ 及相对于波长650nm的光的折射率各向异性 $\Delta n(650)$ 与相对于波长550nm的光的折射率各向异性 $\Delta n(550)$ 之比分别满足下式的结构（第1结构），

$$1 \leq \Delta n(450) / \Delta n(550) \leq 1.06$$

$$0.95 \leq \Delta n(650) / \Delta n(550) \leq 1$$

进一步，最好是分别满足下式的结构（第2结构），

$$1 \leq \Delta n(450) / \Delta n(550) \leq 1.007$$

$$0.987 \leq \Delta n(650) / \Delta n(550) \leq 1$$

按照第1结构，虽然反射型液晶显示装置所需的亮状态会有一定程度的着色并因暗状态的反射率的提高而使对比度降低，但仍可以达到能满意地使用的10:1或更高的对比度。而按照第2结构，则与第1结构相比，能使着色进一步减少，同时可以达到15:1或更高的对比度。

另外，在上述反射型液晶显示装置中，在结构上最好是，液晶层的扭曲角范围为65度以上、90度以下，同时，该液晶层的液晶双折射率差与液晶层厚度的乘积在250nm以上、300nm以下，且第2衬底附近的（靠近第2衬底的）液晶分子的定向方向与偏振片的透射轴或吸收轴所成的角度 $\theta_3$ 在110度以上、150度以下。

按照这种结构，可以减低驱动液晶层的电压，而且能实现良好的白显示。

另外，在上述反射型液晶显示装置中，在结构上最好是，第2衬底附近的液晶分子的定向方向与偏振片的透射轴或吸收轴所成的角度 $\theta_3$ 在110度以上、150度以下，并将观察方位设定为包含与第2衬底附近的液晶分子的定向方向相差90度的方向和显示面法线的平面内的方位。

同样，在上述反射型液晶显示装置中，最好是，第2衬底附近的液晶分子的定向方向与偏振片的透射轴或吸收轴所成的角度 $\theta_3$ 为20

度~70度，并将观察方位设定为包含第2衬底附近的液晶分子的定向方向和显示面法线的平面内的方位。

按照以上两种结构，通过按如上所述方式设定观察方位，可以确保良好的可视性。换句话说，如根据观察者的观察方位设定 $\theta_3$ ，则可以5 获得良好的可视性。此外，在结构上，通过在显示面等上设置用于设定观察者的观察方位的构件等，也可以获得良好的可视性。

另外，在上述反射型液晶显示装置中，在结构上最好是，第2衬10 底附近的液晶分子的定向方向与偏振片的透射轴或吸收轴所成的角度 $\theta_3$ 在110度以上、150度以下，并将观察方位设定为包含与第2衬底附近的液晶分子的定向方向相差90度的方向和显示面法线的平面内的方位，且将该观察方位设定在包含光反射膜的平均凹凸周期在衬底平面内的不同方位中的短的方位和显示面法线的平面内。

同样，在上述反射型液晶显示装置中，在结构上最好是，第2衬15 底附近的液晶分子的定向方向与偏振片的透射轴或吸收轴所成的角度 $\theta_3$ 为20度~70度，并将观察方位设定为包含第2衬底附近的液晶分子的定向方向和显示面法线的平面内的方位，且将该观察方位设定在包含光反射膜的平均凹凸周期在衬底平面内的不同方位中的短的方位和显示面法线的平面内。

按照以上两种结构，通过进一步将作为漫射性反射板的光反射膜20 的明亮的方位设定为如上所述的良好方位，可以获得特别优良的可视性。而该漫射性反射板的明亮方位，虽然一般与照明的方位及观察者的方向有关，但可以按照各种照明条件进行良好的配置。

另外，在上述反射型液晶显示装置中，在结构上最好是，第2衬25 底附近的液晶分子的定向方向与偏振片的透射轴或吸收轴所成的角度 $\theta_3$ 为40度~60度，并将包含观察方位和显示面法线的平面内的方位与上述第2衬底附近的液晶分子所成的角度 $\theta_4$ 设定为0度以上、30度以下或180度以上、210度以下。

按照上述结构，通过按如上所述方式设定观察方位，可以确保良好的可视性。换句话说，如根据观察者的观察方位设定 $\theta_3$ 、 $\theta_4$ ，则可以30 得到良好的可视性。此外，通过在显示面等上设置用于设定观察者的观察方位的构件等，也可以获得良好的可视性。

另外，本申请发明的触摸板一体式反射型液晶显示装置，由上述

的反射型液晶显示装置构成，该触摸板一体式反射型液晶显示装置，在圆偏振装置与第2衬底之间具有层状的空隙，用于夹持对来自外部的按压力进行检测的平面状压敏元件。

在上述本申请发明的反射型液晶显示装置中，通过圆偏振装置或偏振片及2个光学相位差补偿板后的光大致为圆偏振光，由此，即使在反射板侧存在着不会扰乱偏振状态的反射，该反射光在出射时也要被偏振片吸收。因此，用作携带式设备输入装置的压敏式输入装置(触摸板)的反射光不会使可视性恶化。

本发明的进一步的其他目的、特征、及优点，通过以下给出的说明即可得到充分的了解。本发明的利益，在参照附图所作的如下说明中将看得十分清楚。

#### 附图的简单说明

图1是表示本发明一实施形态的反射型液晶显示装置的简略结构的主要部分断面图。

图2是表示一实施形态的偏振片和2个光学相位差补偿板的配置的设定方位的图。

图3是以等值线图表示用于预测实施例1的反射型液晶显示装置的反射率的评价函数的550 nm单色光的数值的计算结果曲线图。

图4是以等值线图表示用于预测实施例1的反射型液晶显示装置的反射率的评价函数的考虑到视觉灵敏度的数值的计算结果曲线图。

图5是以等值线图表示用于预测实施例1的反射型液晶显示装置的反射率的评价函数及根据D65标准光源光谱计算出的CIE1931色度坐标x的计算结果曲线图。

图6是以等值线图表示用于预测实施例1的反射型液晶显示装置的反射率的评价函数及根据D65标准光源光谱计算的CIE1931色度坐标y的计算结果曲线图。

图7是表示可以由图4、图5、图6同时得到良好的白色平衡及亮度的区域的图。

图8是表示实施例3的反射型液晶显示装置的偏振片和2个光学相位差补偿板的配置的设定方位的图。

图9是表示实施例3的反射型液晶显示装置的反射率与电压的相

关性的测定值的图.

图 10 是表示用于测定实施例 3 的反射型液晶显示装置的反射率与电压的相关性的光学测定系统的配置概念图.

5 图 11 是表示实施例 4 的反射型液晶显示装置的偏振片和 2 个光  
学相位差补偿板的配置的设定方位的图.

图 12 (a)、图 12 (b) 是分别表示与实施例 5 的反射型液晶显示装置的样品 #5 a、#5 b 有关的偏振片配置方向、2 个光学相位差补偿板的配置方向、及液晶层的液晶定向的设定方位的图.

10 图 13 是表示实施例 5 的反射型液晶显示装置的反射率与电压的  
相关性的测定值的图.

图 14 是表示实施例 7 的上衬底附近的液晶定向方向与包含观察方位的平面的配置的设定方位的图.

15 图 15 是表示当改变  $\theta_4$  时对实施例 7 的反射型液晶显示装置的目视观察结果的表.

图 16 是表示实施例 8 的反射型液晶显示装置的简略结构的主要部分断面图.

图 17 是表示实施例 8 的反射型液晶显示装置的偏振片配置方向、2 个光学相位差补偿板的配置方向、及液晶层的液晶定向的设定方位的图.

20 图 18 是表示在实施例 9 的反射型液晶显示装置中使用的光反射板的凹凸形状的局部放大平面图.

图 19 是表示实施例 9 的反射性电极 (光反射板) 的反射特性的光学测定系统测定方位的概念图.

25 图 20 是表示由图 19 的测定系统测得的实施例 9 的反射性电极 (光反射板) 的反射特性测定值的图.

图 21 (a) ~ 图 21 (d) 是分别表示与实施例 9 的反射型液晶显示装置的样品 #9 a、#9 b、#9 c、#9 d 有关的偏振片配置方向、2 个光学相位差补偿板的配置方向、及液晶层的液晶定向的设定方位的图.

30 图 22 是表示在实施例 10 的触摸板一体式反射型液晶显示装置中使用的触摸板的简略结构的主要部分断面图.

图 23 是表示实施例 10 的触摸板一体式反射型液晶显示装置的简

略结构的主要部分断面图.

图 24 是表示比较例的触摸板一体式反射型液晶显示装置的简略结构的主要部分断面图.

图 25 是表示本发明另一实施形态的反射型液晶显示装置的简略结构的主要部分断面图.

图 26 是表示另一实施形态的偏振片和 2 个光学相位差补偿板的配置的设定方位的图.

图 27 是表示因电压导致的反射型液晶显示装置的液晶层定向差异的说明图.

10 图 28 是表示反射型液晶显示装置的视角随液晶层定向方向与照明方向的关系而变化的状态的说明图.

图 29 是表示实施例 11 的反射型液晶显示装置的反射率与电压的相关性的测定值的图.

图 30 是表示实施例 12 的样品 # 12 a 的结构的主要部分断面图.

15 图 31 是表示实施例 12 的样品 # 12 b 的结构的主要部分断面图用于实施发明的最佳形态

以下，根据实施形态和实施例，对本发明进行更为详细的说明，但本发明并不因此而受任何限制.

#### [发明的第 1 实施形态]

20 在下文中，参照附图说明本发明的一实施形态.

图 1 是表示本发明一实施形态的反射型液晶显示装置的简略结构的主要部分断面图. 如图 1 所示，该反射型液晶显示装置，备有由形成了经过定向处理的定向膜 2 的衬底 4 和形成了经过同样定向处理的定向膜 3 的衬底 5 夹持具有正介电各向异性的扭曲后的扭曲向列型液晶而构成的液晶层 1. 另外，在下部衬底 5 上配置着光反射膜 7，该光反射膜 7 的反射面，最好具有能保持住反射光的偏振性的光滑凹凸形状. 进一步，该光滑的凹凸形状，在光反射膜 7 的反射面上最好具有随方向而不同的凹凸周期.

在上部衬底 4 上形成透明电极 6，下部衬底 5 上的光反射膜 7，30 由导电性材料形成并同时起着电极的作用，并通过该透明电极 6 和光反射膜 7 向液晶层 1 施加电压. 作为向按如上方式构成的电极对施加电压的装置，可以采用有源元件等，但没有特别的限制. 当光反射膜

7 不作为电极使用时，只需在衬底 5 侧另外设置电极即可。

在这种由衬底 4、5 及液晶层 1 构成的液晶驱动单元的衬底 4 侧的显示面上，还备有从自然光有选择地使左旋或右旋的任意圆偏振光透过的圆偏振装置 100。在本实施形态中，圆偏振装置 100，由在衬底 4 的显示面上按其顺序层叠配置的光学相位差补偿板 8、光学相位差补偿板 9、及偏振片 10 构成。

以下，说明光学相位差补偿板 8、光学相位差补偿板 9、及偏振片 10 各光学元件的光学特性及其作用。

本实施形态的反射型液晶显示装置，使外来光等照明光通过偏振片 10 入射到液晶层 1，并从使照明光入射的偏振片 10 侧进行观察。由该偏振片 10 有选择地仅使特定方位的直线偏振光分量透过，该入射直线偏振光，由光学相位差补偿板 9 和光学相位差补偿板 8 改变偏振状态。

这里，如使光学相位差补偿板 8 的衬底法线方向的延迟在 100 nm 以上 180 nm 以下、光学相位差补偿板 9 的衬底法线方向的延迟在 200 nm 以上 360 nm 以下、且当偏振片 10 的透射轴或吸收轴与光学相位差补偿板 8 的滞后轴所成的角度为  $\theta_1$ 、偏振片 10 的透射轴或吸收轴与光学相位差补偿板 9 的滞后轴所成的角度为  $\theta_2$  时， $|2 \times \theta_2 - \theta_1|$  的值为 35 度以上 55 度以下，则通过光学相位差补偿板 8 后的入射光变为大致的圆偏振光。这时，形成左旋或右旋的哪一种圆偏振光，取决于上述 3 个光学元件（光学相位差补偿板 8、光学相位差补偿板 9、偏振片 10）的配置。

作为一例，参照如图 2 所示的配置状态对上述情况进行更详细的说明。但是，在该例中，是从反射型液晶显示装置的入射光方位进行观察的。如图 2 所示，分别使偏振片 10 的透射轴为 11、光学相位差补偿板 8 的滞后轴为 13、光学相位差补偿板 9 的滞后轴为 12、偏振片 10 的透射轴 11 与光学相位差补偿板 8 的滞后轴 13 所成的角度为  $\theta_1$ 、偏振片 10 的透射轴 11 与光学相位差补偿板 9 的滞后轴 12 所成的角度为  $\theta_2$ ，并当配置成  $\theta_1=75^\circ$ 、 $\theta_2=15^\circ$  时，入射到液晶显示装置的光，通过偏振片 10、光学相位差补偿板 9、光学相位差补偿板 8 后，入射光大致变为与右旋圆偏振光近似的偏振光。

接着，入射到液晶层 1 后的入射光，在相对于所施加的电压排列

的液晶层1的扭曲双折射媒体(液晶)的偏振变换作用下改变偏振状态后到达反射板。这时，光反射膜7上的偏振状态，根据液晶分子的定向在不同的状态下实现。

首先，说明暗状态。如施加电压时液晶分子的定向状态与电压施加方向平行且对沿装置的法线方向传播的光没有偏振变换作用，则变为圆偏振光的入射光不发生偏振变化地到达光反射膜7，所以实现暗状态。如果能在整个可见波长区域上建立该暗状态，则可以实现黑显示。

本申请的发明者已经发现，为了在可见波长区域内实际上准备与其近似的偏振状态，必须满足如下的条件。即，光学相位差补偿板8，应具有可以对主可见波长即400nm~700nm的光提供相当于四分之一波长的相位差的相位差特性，就是说，在与波长500nm的光对应的延迟下为100nm~180nm的特性，而光学相位差补偿板9应具有可以对同样范围的可见波长提供相当于二分之一波长的相位差的相位差特性，就是说，在与波长500nm的光对应的延迟下为200nm~360nm的特性。

并且，在图2所示的偏振片10和光学相位差补偿板8、9的配置中，如上所述，因 $\theta_1=75^\circ$ 、 $\theta_2=15^\circ$ ，即 $|2 \times \theta_2 - \theta_1|=45^\circ$ ，所以满足下式的条件。

20

$$35^\circ \leq |2 \times \theta_2 - \theta_1| \leq 55^\circ \dots (1)$$

$\theta_1$ 、 $\theta_2$ 的值，当然可以在满足该条件的范围内变更，但其具体值，最好由所使用的两个光学相位差补偿板8、9的双折射的波长分散的组合决定。此外，按照式(1)的角度设定， $|2 \times \theta_2 - \theta_1|$ 的值的范围为20度，但在该范围内取哪个值更好，则进一步决定于对液晶层1施加电压时液晶层1的偏振变换作用。即，最好是将光学相位差补偿板8、9及液晶层1的双折射包括在内并在光反射膜7上设定为圆偏振光。这时，在施加了足够电压的状态下的液晶层1的偏振变换作用，其大小与液晶层1的制作精度无关，所以使液晶层1的制作和制造容易进行。

其次，说明亮状态的作用。通过由按上述式(1)设定的光学相

位差补偿板 8、9 将大致变为圆偏振光的入射光在光反射板膜 7 上变为直线偏振光，可以实现亮状态，但这时的直线偏振光的光电场的振动方位，在光反射膜 7 的平面内是任意的。就是说，可见波长的光，无论是方位随波长而不同的直线偏振光，或方位完全相同的直线偏振光，都可以实现同样明亮的亮状态。  
5

因此，关键在于实现液晶层 1 的如下光学作用，即，将为实现上述暗状态而变成大致圆偏振光的对液晶层 1 的入射光在可见波长范围内变为任意方位的直线偏振光。

当考虑使液晶层 1 的制作和制造容易进行的上述电气驱动时，由于暗状态在施加电压的状态下实现，所以，亮状态，必须在不施加电压的状态下实现，或在液晶分子的定向状态随电压而变化但其变化与暗状态有很大不同的定向状态下实现。  
10

本申请的发明者，根据反复进行的锐意研究的结果，发现了在实用上实现足够的亮状态作用的范围，就是说，可以确保可见波长区域的足够亮度且能够开发适用于能以简易和高成品率的方式制造的液晶显示装置的液晶组成物的范围。  
15

其具体的条件为，液晶层 1 的扭曲向列液晶的扭曲角在 45 度以上、100 度以下。而且，该液晶的双折射率差  $\Delta n$  与液晶层 1 的厚度 d 的乘积  $\Delta n d$  值的范围在 150nm 以上、350nm 以下。

这里，更为理想的是，扭曲角在 60 度以上、100 度以下，且液晶层 1 的液晶双折射率差  $\Delta n$  与液晶层 1 的厚度 d 的乘积  $\Delta n d$  值的范围在 250nm 以上、300nm 以下，进一步，最好是，扭曲角在 65 度以上、90 度以下，且液晶层 1 的液晶双折射率差  $\Delta n$  与液晶层 1 的厚度 d 的乘积  $\Delta n d$  值的范围在 250nm 以上、300nm 以下。该进一步最好范围的条件，即使采用将液晶层 1 的厚度例如设定为 4.5  $\mu m$  的液晶显示装置的制作条件，也可以用液晶层 1 的  $\Delta n$  为 0.0667 左右的实用液晶材料实现，并能制造实用性高的液晶显示装置。  
20  
25

以下，给出本实施形态的具体实施例。

#### [实施例 1]

首先，作为实施例 1，为进行考虑到液晶层光学作用的具体设计，本申请的发明者，说明通过计算对液晶层的设定进行研讨的细节。当使液晶层的设定最佳化时，首先用式（2）所示的评价函数研讨了液  
30

晶层的设定。

$$f = 1 - s_3^2 \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中， $s_3$ 是指定偏振状态的斯托克斯参数、即与仅透过液晶层一次的光在反射面上的偏振状态有关的斯托克斯参数。这里，斯托克斯参数，采用标准化后的值。

当对光的强度进行了标准化时，偏振状态可以记述的完全偏振光由具有3个分量的斯托克斯参数记述其偏振状态，并由表示振动面彼此相差45度的直线偏振光的 $s_1$ 和 $s_2$ 、及表示圆偏振光分量的 $s_3$ 指定。  
10  $s_1$ 、 $s_2$ 、 $s_3$ ，取-1以上、1以下的值，特别是 $s_3$ ，当为圆偏振光时取 $\pm 1$ ，直线偏振光时取0，椭圆偏振光时取其中间值。

即，评价函数 $f$ ，与由 $s_3$ 的平方决定的偏振光的旋转方向无关，可以根据反射面上的偏振状态分成3个值，即，在圆偏振光的情况下为 $f=0$ ，在椭圆偏振光的情况下为 $0 < f < 1$ ，在直线偏振光的情况下为 $f=1$ 。  
15

本申请的发明者，在分析研究后确认，当光从偏振片侧入射到由1片偏振片和呈现镜面反射的反射面夹在中间的任意的双折射媒体时，如反射板上为 $f=0$ （圆偏振光），则反射后的光由入射时通过的偏振片全部吸收，如为 $f=1$ ，则可以通过该偏振片而不被其吸收。当20评价函数 $f$ 取该中间的值时，反射光的一部分被偏振片吸收，其余的反射光则透过偏振片，并以中间的反射率进行显示。

进一步还发现，上述的评价函数 $f$ ，与这种采用1片偏振片并由反射板反射入射光的反射型液晶显示装置的反射率成比例，并可以用来评价单偏振片方式的反射率。因此，可以利用该评价函数 $f$ 同时判断在亮状态下是否可以得到良好的亮度及是否能得到良好的暗状态。  
25

如上所述，由于可以用评价函数 $f$ 预测显示性能，所以对可以期望以单偏振片方式获得最佳性能的液晶显示方式进行了深入研究。以下，说明其具体的方法。

30 首先，当制作液晶显示装置时，对批量生产能力进行了考察。由

于决定着液晶显示装置光学特性的液晶层厚度的保持精度对批量生产能力的影响很大，所以对其进行了特别的考察。

作为该液晶层厚度的保持方法，在夹持液晶层的衬底之间设置按一定粒径制作的球形间隔物的方法，在精度和实用性的均衡上是最佳的。但是，即使采用这种方法，也因在批量生产的工序中要求高的精度，因而将导致批量生产成本的增加。鉴于这种情况，开发一种对液晶层厚度的没有精度要求的方法，在工业上是很重要的。

另外，在所制作的液晶显示装置的显示质量方面，重要的是考虑人的视觉特征。即，众所周知，对人的视觉来说，在实际上刺激眼球视网膜的光的强度与所感觉到的亮度之间不存在比例关系，而是具有非线性特性。就是说，即使对于显示装置的一定量的光强变化，根据同时加在视网膜上的刺激的强弱，也有时会感到亮度变化小（当背景呈现强的刺激时），有时会感到亮度变化大（当背景呈现弱的刺激时）。如考虑到这种视觉的非线性特性，则即使反射率的不均匀程度相同，但当其发生在暗显示时，与发生在亮显示时相比，显示质量的降低更为显著。

由上述情况可知，如果存在着反射率的不均匀程度大的状态及小的状态，则从制作显示质量良好的液晶显示装置的观点考虑，最好将反射率的不均匀程度小的状态分配给暗显示，而将反射率的不均匀程度大的状态分配给亮显示。

另一方面，当对液晶层施加足够的电压从而使其失去偏振变换作用时，液晶层厚度的不均匀，很难导致偏振变换作用发生大的变化。

考虑以上3点，并对将施加足够电压后的定向状态分配给暗显示从而获得良好显示的情况进行了考察。就是说，最好是对亮显示设定不对液晶施加电压的状态，而对暗显示设定施加电压的状态，即进行所谓的正常白色显示。

以下，根据评价函数  $f$  说明实现这种设定的光学相位差补偿板的设定及液晶层部分的设定。

首先，在对液晶层施加足够的电压的情况下，使液晶层失去偏振变换作用。要求光学相位差补偿板具有的特性，是使光通过这种液晶层并到达反射板后在反射板上变成圆偏振光的特性。这里，圆偏振光的旋转方向，可以是左旋也可以是右旋方向。

通过对光学相位差补偿板进行上述设定，可以在很宽的波长范围实现该特性。这时，因液晶已失去偏振变换作用，所以评价函数  $f$  等于 0，并形成良好的暗状态。

另一方面，在不对液晶层施加电压的情况下，为检查获得足够的反射亮度的条件，必须在上述产生圆偏振光的光学相位差补偿板的设定下对该评价函数  $f$  进行评价。本申请的发明者，在不对液晶层施加电压的状态下，对使液晶层均匀扭曲的定向求得了评价函数  $f$ 。其结果是，从按照 Jones Matrix 法对  $s_3$  进行的分析计算可以清楚地看出，当对液晶入射圆偏振光时，评价函数  $f$  由式（3）给出。

10

$$f = 1 - \{1 - 2\phi_{ret}^2 (\sin c \sqrt{\phi_{ret}^2 + \phi_{tw}^2})^2\}^2 \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$\phi_{ret} = \pi \frac{\Delta n d}{\lambda}$$

$$\sin c X = \frac{\sin X}{X}$$

$\phi_{tw}$ : 上下衬底间的扭曲角

在图 3 中，以等值线图示出在视觉灵敏度最高的波长（550 nm）下的评价函数  $f$  相对于作为液晶层设计参数的  $\Delta n d$  及扭曲角的值。因  $f$  是扭曲角  $\Phi_{tw}$  的偶函数，所以只对扭曲角为正的值列出  $f$ ，但实际的液晶定向的扭曲方向当然可以是左旋也可以是右旋方向。

图 3 是单一波长（550 nm）下的值，但即使对可见波长即 380 nm~780 nm 的波长，也可以按同样的方法进行评价。即，对波长与 550 nm 不同的入射光，只需考虑变更评价函数  $f$  中的  $\Delta n$  及  $\lambda$  即可。

考虑到上述的视觉灵敏度随波长而不同的效果并通过假定视觉灵敏度和标准照明光源而进行与  $f$  的叠加积分，即可实现更精密的最佳化。就是说，在上述式（3）中采用视觉灵敏度曲线（CIE1931 配色函数的  $y_{BAP}(\lambda)$ ）和 D65 标准光源的光谱密度  $S_{D65}(\lambda)$  并将其定义为式（4），是很有效的。

25

$$f_{vis} = k \int_{380}^{780} \bar{y}(\lambda) S_{D65}(\lambda) f(\lambda) d\lambda \quad \dots \dots \dots \quad (4)$$

$$k = 1 / \int_{380}^{780} \bar{y}(\lambda) S_{D65}(\lambda) d\lambda$$

式中,  $f(\lambda)$ , 由式(3)计算, 并清楚地表示出该函数具有依赖于波长 $\lambda$ 的值。

5 与图3相同, 相对于 $\Delta n_d$ 及扭曲角计算了由上式定义的 $f_{vis}$ , 并示于图4。这里, 在计算中考虑了 $\Delta n$ 的波长分散, 纵轴的 $\Delta n_d$ 是波长为550 nm的光的值。

另外, 由于式(2)的评价函数 $f$ 给出与显示的反射率成比例的值, 所以, 通过将式(4)中的配色函数 $y_{BAR}(\lambda)$ 变更为同样由CIE1931规定的 $x_{BAR}(\lambda)$ 、 $z_{BAR}(\lambda)$ , 可以计算色度。因此, 对与图4相同的参数计算了在D65光源下的色度( $x$ 、 $y$ )。在图5、图6中分别以 $x$ 、 $y$ 示出其结果。

通过如上所述的研讨, 设定了在足够的视觉反射率( $f_{vis}$ 在0.7以上)下白显示的良好色调( $x$ 在0.27以上0.35以下, 且 $y$ 在0.28以上0.36以下)的条件, 并求得了与其相适应的 $\Delta n_d$ 及扭曲色的范围。其结果示于图7。

按如上方式, 确定了为获得足够亮度和色调所需的液晶层参数范围, 但对液晶层的设定, 还存在着由液晶材料及液晶层厚度的设定引起的限制。因此, 图7中的斜线所示的范围不一定都是实用的。此外, 在该范围以外的某些范围上也可能存在着良好的条件。对这一点将进行更为详细的说明。

众所周知, 作为液晶材料的光学物理参数的 $\Delta n$ 与液晶材料的可使用温度范围, 具有一定的相关性。即, 付诸实用的液晶材料, 一般通过多种化合物的混合调整为所需的特性, 但如通过变更此时的混合比率而使 $\Delta n$ 减小, 则将使获得向列相的温度范围变窄。在这种情况下, 存在着使液晶显示装置的使用温度范围或保存温度范围显著变窄的困难。就是说, 从稳定地获得向列相的温度范围的观点考虑, 对

液晶材料的 $\Delta n$  存在着下限。基于这种原因，室温下的 $\Delta n$ ，虽然取决于必要的温度范围等，但要求其大致具有 0.05 以上、最好是 0.065 以上的值。

另外，液晶层的厚度，还受到以下因素的限制，即液晶显示装置 5 制作工序中因杂质引起的不合格率的问题、制作用于驱动液晶的元件时产生的台阶高差、所采用的衬底的平面度等。进一步，当在本申请发明的一部分结构中使用时，还要受到靠近液晶层配置的凹凸漫射反射板的凹凸形状的限制。

作为液晶层的层厚，在透射型液晶显示装置的情况下，大致采用 10  $5\mu\text{m}$  左右的值，并确立了生产技术。但是，如更为显著地减小液晶层的层厚，则将产生很大的困难，并且缺乏实用性。因此，以大致  $3\mu\text{m}$  以上、最好是  $4\mu\text{m}$  以上的液晶层厚度进行制作才是有实用意义的。

从以上的观点考虑，使液晶折射率差 $\Delta n$  与液晶层厚度 d 的乘积 15  $\Delta nd$  的下限为  $150\text{ nm}$ 、最好在  $250\text{nm}$  以上是实用的。

另外，对于实际处于驱动状态下的液晶显示装置的液晶，在多数情况下施加大于接近表示阈值特性的液晶阈值的电压进行驱动。这时，在接近阈值的施加电压下，液晶从完全不施加电压的状态产生一定程度的倾斜，并在实际的显示中显现出在该一定程度的倾斜状态下的衬底法线方向的折射率差。

由此可以看出，由液晶材料决定的 $\Delta n$ ，可以取比与该倾斜后的液晶对应的实际 $\Delta n$  大 10% 左右的值。此外，由于在液晶的阈值以下也可以进行显示，所以，不将该 $\Delta nd$  值的变更应用于 $\Delta nd$  的下限，是适当的。

25 如上所述，从采用实际的液晶层设定进行具体计算发现，在单偏振片方式的反射型液晶显示装置中，将 $\Delta nd$  设定为  $150\text{ nm}$  以上并使 $\Delta nd$  的上限为  $350\text{nm}$ 、将液晶的扭曲角设定为 45 度 ~ 100 度，是有实用意义的。

#### [实施例 2]

30 在实施例 2 中，按表 1 列出的参数制作具有上述图 1 所示结构的反射型液晶显示装置，并制成 5 个样品#2a ~ #2f。

表 1

样品 参数 \	#2a	#2b	#2c	#2d	#2e	#2f
$\Delta nd$ (nm)	260	330	120	380	260	260
$\theta_3$ (度)	40	40	40	40	55	20
扭曲角 (度)	70	70	70	70	40	110
$\theta_1$ (度)	75	75	75	75	75	75
光学相位差补偿板 8 的延迟	135	135	135	135	135	135
$\theta_2$ (度)	15	15	15	15	15	15
光学相位差补偿板 9 的延迟	270	270	270	270	270	270

各样品的显示结果，简略地示于表 2.

表 2

样品 电压 \	#2a	#2b	#2c	#2d	#2e	#2f
0	白表示	带黄色的 白显示	灰色	带橙色的 白显示	带红色的 白显示	灰色
$V_{th}$	白表示	白表示	灰色	带黄色的 白显示	带黄色的 白显示	灰色
$1.5 \times V_{th}$	灰色	灰色	深灰色	白表示	白表示	深灰色
$2.0 \times V_{th}$	深灰色	深灰色	深灰色	灰色	灰色	黑
$3.0 \times V_{th}$	黑	黑	黑	深灰色	深灰色	黑

5

表中的  $V_{th}$  是观察各样品的液晶层 1 的定向变化的阈值电压，由于设定为不同的  $\Delta nd$ ，所以取不同的值。

如上所述，对于参数在本发明的反射型液晶显示装置的范围内的样品 #2a、#2b，在实际使用的的电压即  $V_{th} - 3.0V_{th}$  下，显示从白显示改变为黑显示。与此不同，对于参数不在本发明的反射型液晶显示装置的范围内的样品 #2c - #2 f，显示变暗（样品 #2c、#2 f），

或在显示中观察到着色 (#2d、#2e)。

表 2 中简略示出的显示结果表明，在只变更了与液晶定向的方向所成的角度 $\theta_3$  的设定而不改变偏振片 10 与光学相位差补偿板 8、9 的相对角度 ( $\theta_1$ 、 $\theta_2$ ) 的情况下，观察不到在样品 #2a ~ #2f 中看到的那样大的特性变化，而只能确认对液晶层 1 部分的设定的依赖性。

另外，在如下设定方式的所有组合中可以观察到与表 2 相同的显示，例如，对液晶入射反向旋转的圆偏振光的设定（即，使 $\theta_1$  和 $\theta_2$  同时增加 90 度、或使 $\theta_1$  和 $\theta_2$  的符号同时反转）、取得方向相同的圆偏振光的另一种设定（即，使 $\theta_1$  和 $\theta_2$  同时反转符号并增加 90 度）等。

如上所述，通过将液晶层 1 设定为使液晶层 1 的液晶双折射率差与液晶层厚度的乘积在 150nm 以上、350nm 以下，且使该液晶层的扭曲角范围为 45 度 ~ 100 度，可以实现良好的显示，并指示出应限定于该范围。

在以下的实施例 3、实施例 4 中，对获得更理想的显示的条件进行了研讨，并示出实现最佳化的例。

### [实施例 3]

作为实施例 3，给出对将扭曲向列液晶的扭曲角设定为 90 度的液晶层分别使用 1 个延迟为 135nm 及 270nm 的光学相位差补偿板的例。

在实施例 3 中，制作了具有上述图 1 所示结构的反射型液晶显示装置。衬底 5 上的光反射膜 7，用铝制成并用作光反射电极。此外，液晶驱动单元，是导入液晶后将液晶层 1 的厚度调整为 4.2 μm 并扭曲 90 度的液晶层 1，所采用的导入液晶材料，与在通常的 TFT 透射型液晶显示器中使用的液晶具有相同的液晶物性（介电各向异性、弹性、粘性、向列温度范围、电压保持特性），只是将 $\Delta n$  调整为 0.065，这里，将液晶层 1 的厚度与液晶双折射率差的乘积设定为 273nm。

本实施例的偏振片 10、光学相位差补偿板 8、光学相位差补偿板 9 的配置，按图 8 所示进行了设定。在图 8 中，11 表示偏振片 10 的透射轴方位，12 表示光学相位差补偿板 9 的滞后轴方位，13 表示光学相位差补偿板 8 的滞后轴方位，14 表示与在衬底 4 上形成的定向膜 2 接触即定向膜 2 附近的液晶分子的定向方位，15 表示与在衬底 5

上形成的定向膜 3 接触即定向膜 3 附近的液晶分子的定向方位，该图是从液晶显示装置的入射光方位观察的图。

另外，上述配置关系，如图 8 所示，将偏振片 10 的透射轴方位 11 与光学相位差补偿板 8 的滞后轴方位 13 所成的角度  $\theta_1$  设定为 5  $75^\circ$ 、将偏振片 10 的透射轴方位 11 与光学相位差补偿板 9 的滞后轴方位 12 所成的角度  $\theta_2$  设定为  $15^\circ$ ，将衬底 4 上的液晶分子的定向方向 14 与偏振片 10 的透射轴方位 11 所成的角度  $\theta_3$  设定为  $30^\circ$ 。

光学相位差补偿板 8 和光学相位差补偿板 9，均由聚乙烯醇制延伸薄膜构成，光学相位差补偿板 8，具有将波长  $550\text{nm}$  的表面法线方向的透射光控制为  $130\text{nm} \sim 140\text{nm}$  的相位差，光学相位差补偿板 9，具有将同样的透射光控制为  $265\text{nm} \sim 275\text{nm}$  的相位差。

这两个光学相位差补偿板 8、9 的配置方式为，配置成能使与制作后的液晶显示装置的正面方位对应的光学特性得到改善，但考虑到从倾斜方位观察的特性，也可以与液晶层 1 一起进行设计变更。例 15 如，作为可以在满足图 8 所示的本实施例的角度设定条件的同时改变光学相位差补偿板 8、9 对在倾斜方向上通过的光的相位差的一种设计方案，可以将光学相位差补偿板 8、9 中的至少一个变更为二轴性光学相位差补偿板。此外，当然可以在上述式（1）的范围内变更角度设定。

20 另外，作为偏振片 10，采用了具有由电介质多层膜构成的 AR 膜的单件内部透射率为 45% 的偏振片。

在图 9 中，示出按如上方式构成的反射型液晶显示装置的反射率与电压的相关性的曲线。对于该反射率的测定，如图 10 所示，在对本实施例的反射型液晶显示装置施加电压后的驱动状态下，使来自照明光源装置的光通过半反射镜从衬底 4 侧入射，并由光检测器检测出来自衬底 5 上的光反射膜的反射光。另外，在图 9 中，反射率 100%，是在除了不使用光学相位差补偿板并只采用与被测定装置同样的偏振片以外与本实施例相同的液晶显示装置中在未注入液晶的状态下的反射率。此外，反射率，采用了视觉亮度率（Y 值）。

30 从图 9 所示的结果可以看出，在大约  $1\text{V}$  以下的低驱动电压下，可以获得高的反射率。

#### [实施例 4]

作为实施例 4，给出对将扭曲向列液晶的扭曲角设定为 70 度的液晶层分别使用 1 个延迟为 135nm 及 270nm 的光学相位差补偿板的例。

在实施例 4 中，制作了具有上述图 1 所示结构的反射型液晶显示装置。衬底 5 上的光反射膜 7，用铝制成并用作光反射电极。此外，液晶驱动单元，是导入液晶后将液晶层 1 的厚度调整为 4.5μm（样品#4a）及 4.2μm（样品#4b）并扭曲 70 度的液晶层 1，所采用的导入的液晶材料，与在通常的 TFT 透射型液晶显示器中使用的液晶具有相同的液晶物性（介电各向异性、弹性、粘性、向列温度范围、电压保持特性），只是将  $\Delta n$  调整为 0.06。这里，将液晶层 1 的厚度与液晶双折射率差的乘积设定为 270nm（样品#4a）及 250nm（样品#4b）。

本实施例的偏振片 10、光学相位差补偿板 8、光学相位差补偿板 9 的配置，按图 11 所示进行了设定。在图 11 中，11 表示偏振片的透射轴方位，12 表示光学相位差补偿板 9 的滞后轴方位，13 表示光学相位差补偿板 8 的滞后轴方位，14 表示与在衬底 4 上形成的定向膜 2 接触即定向膜 2 附近的液晶分子的定向方位，15 表示与在衬底 5 上形成的定向膜 3 接触即定向膜 3 附近的液晶分子的定向方位，该图是从液晶显示装置的入射光方位观察的图。

另外，上述配置关系，如图 11 所示，将偏振片 10 的透射轴方位 11 与光学相位差补偿板 8 的滞后轴方位 13 所成的角度  $\theta_1$  设定为 75°、将偏振片 10 的透射轴方位 11 与光学相位差补偿板 9 的滞后轴方位 12 所成的角度  $\theta_2$  设定为 15°，将衬底 4 上的液晶分子的定向方向 14 与偏振片 10 的透射轴方位 11 所成的角度  $\theta_3$  设定为 45°。

光学相位差补偿板 8 和光学相位差补偿板 9，均由聚乙烯醇制延伸薄膜构成，光学相位差补偿板 8，具有将波长 550nm 的表面法线方向的透射光控制为 130nm~140nm 的相位差，光学相位差补偿板 9，具有将同样的透射光控制为 265nm~275nm 的相位差。

这两个光学相位差补偿板 8、9 的配置方式为，配置成能使与制作后的液晶显示装置的正面方位对应的光学特性得到改善，但考虑到从倾斜方位观察的特性，也可以与液晶层 1 一起进行设计变更。例如，作为可以在满足图 11 所示的本实施例的角度设定条件的同时改

变光学相位差补偿板 8、9 对在倾斜方向上通过的光的相位差的一种设计方案，可以将光学相位差补偿板 8、9 中的至少一个变更为二轴性光学相位差补偿板。此外，当然可以在上述式（1）的范围内变更角度设定。

5 另外，作为偏振片 10，采用了具有由电介质多层膜构成的 AR 膜的单件内部透射率为 45% 的偏振片。

按如上方式构成的反射型液晶显示装置的反射率与电压的相关性，与上述图 9 所示曲线图相同。从该结果可以看出，在大约 1V 以下的低驱动电压下，可以获得高的反射率。此外，该反射率，与上述 10 实施例 3 一样也可以按图 10 所示的光学测定系统的配置进行测定，所以，与上述实施例 3 相同，设定为 100%。

另外，在表 3 中，示出偏振片 10 的透射轴与上衬底 4 附近的液晶定向方向所成的角度  $\theta_3$  为各种角度时的反差、白色着色、黑色着色。

表 3

$\theta_3 /$ 度	样品 #4 a				样品 #4 b			
	反差	白色着色	黑色着色	综合	反差	白色着色	黑色着色	综合
0	×	×	×	×	△	△	×	×
10	△	△	×	×	○	○	×	×
20	△	△	△	△	○	○	△	△
30	△	△	○	△	○	○	○	○
40	○	○	○	○	○	○	○	○
50	○	○	○	○	○	○	○	○
60	○	○	○	○	○	○	○	○
70	○	○	△	△	○	○	△	△
80	○	○	×	×	○	○	×	×
90	○	○	×	×	○	○	×	×
100	△	△	×	×	○	○	×	×
110	△	△	△	△	○	○	△	△
120	△	△	△	△	○	○	△	△
130	×	×	○	×	△	△	○	△
140	×	×	△	×	△	△	△	△
150	×	×	△	×	△	△	△	△
160	×	×	×	×	△	△	×	×
170	×	×	×	×	△	△	×	×

(表中, ○: 使用无任何问题, △: 适于使用, ×: 不适于使用 )

从所得到的结果可以确认，通过将 $\theta_3$ 设定为20度以上、70度以下或110度以上、150度以下，可以实现显示质量高的反射型液晶显示装置。

### [实施例5]

作为实施例5，给出对将扭曲向列液晶的扭曲角设定70度的液晶层分别使用1个延迟为135nm及270nm的光学相位差补偿板的例。

在实施例5中，制作了具有上述图1所示结构的反射型液晶显示装置。衬底5上的光反射膜7，用铝制成并用作光反射电极。此外，液晶驱动单元，是导入液晶后将液晶层1的厚度调整为4.5μm并扭曲70度的液晶层1，所采用的导入液晶材料，与在通常的TFT透射型液晶显示器中使用的液晶具有相同的液晶物性(介电各向异性、弹性、粘性、温度特性、电压保持特性)，只是将 $\Delta n$ 调整为0.0667，这里，将液晶层1的厚度与液晶双折射率差的乘积设定为300nm。

本实施例的偏振片10、光学相位差补偿板8、光学相位差补偿板15 9的配置，

如图12(a)、(b)所示。进行两种设定，并制作了两种样品。在图12(a)、(b)中，与上述图8一样，11表示偏振片10的透射轴方位，12表示光学相位差补偿板9的滞后轴方位，13表示光学相位差补偿板8的滞后轴方位，14表示与在衬底4上形成的定向膜2接触即定向膜2附近的液晶分子的定向方位，15表示与在衬底5上形成的定向膜3接触即定向膜3附近的液晶分子的定向方位，该图是从液晶显示装置的入射光方位观察的图。

另外，其中一个样品的配置关系，如图12(a)所示，将偏振片10的透射轴方位11与光学相位差补偿板8的滞后轴方位13所成的角度 $\theta_1$ 设定为75°、将偏振片10的透射轴方位11与光学相位差补偿板9的滞后轴方位12所成的角度 $\theta_2$ 设定为15°，将衬底4上的液晶分子的定向方向14与偏振片10的透射轴方位11所成的角度 $\theta_3$ 设定为40°，并将该样品作为样品#5a。

另一个样品的配置关系，如图12(b)所示，将偏振片10的透射轴方位11与光学相位差补偿板8的滞后轴方位13所成的角度 $\theta_1$ 设定为75°、将偏振片10的透射轴方位11与光学相位差补偿板9的滞后轴方位12所成的角度 $\theta_2$ 设定为15°，将衬底4上的液晶分子的

定向方向 14 与偏振片 10 的透射轴方位 11 所成的角度  $\theta_3$  设定为  $130^\circ$ , 并将该样品作为样品#5b. 即, 样品#5a 和样品#5b,  $\theta_3$  不同,  $\theta_1$ 、 $\theta_2$  相同.

这两个样品#5a 和样品#5b, 与上述实施例 3 相同, 光学相位差  
5 补偿板 8、9, 均由聚乙烯醇制延伸薄膜构成, 光学相位差补偿板 8,  
具有将波长  $550\text{nm}$  的表面法线方向的透射光控制为  $130\text{nm} \sim 140\text{nm}$  的  
相位差, 光学相位差补偿板 9, 具有将同样的透射光控制为  $265\text{nm} \sim$   
 $275\text{nm}$  的相位差. 此外, 对偏振片 10, 采用了具有由电介质多层膜构  
成的 AR 层的单件内部透射率为 45% 的偏振片.

10 在图 13 中, 示出按如上方式构成的反射型液晶显示装置(样品  
#5a、#5b)的反射率与电压的相关性. 在图 13 中, 曲线 13-1 表示  
样品#5a 的测定结果, 曲线 13-2 表示样品#5b 的测定结果. 此外,  
该反射率, 与上述实施例 3 一样也可以按图 10 所示的光学测定系统的  
配置进行测定, 所以, 与上述实施例 3 相同, 设定为 100%. 从图  
15 13 所示的测定结果可以看出, 在大约 1. 5V 以下的低驱动电压下,  
可以获得高的反射率, 其中, 由曲线 13-1 表示的样品#5a, 可以得  
到更高的反射率.

另外, 在表 4 中, 示出对如上所述的实施例 5 的反射型液晶显示  
装置(样品#5a、#5b)及上述实施例 3 的反射型液晶显示装置检查电  
压反射率特性后的结果.  
20

表 4

	亮状态的亮度	对比度系数
实施例 3	90%	10
实施例 5(样品#5a)	95%	8
实施例 5(样品#5b)	95%	15

从表 4 可以看出, 在各种情况下都能在亮状态下实现足够的反射  
率和对比度系数, 即使是凭目视观察, 也是良好的反射型液晶显示装  
置.

25 另外, 在表 4 中, 对比度系数, 定义为亮状态的反射率除以暗状  
态的反射率. 这里, 亮状态的施加电压, 采用使各实施例产生最高反  
射率的电压, 在暗状态下, 将施加电压设定为 3V.

#### [实施例 6]

作为实施例 6，在按照与上述实施例 4 相同的条件制成的反射型液晶显示装置中，测定了当光学相位差补偿板 8 和光学相位差补偿板 9 的相对于波长 450nm 的光的折射率各向异性  $\Delta n(450)$  及相对于波长 650nm 的光的折射率各向异性  $\Delta n(650)$  与相对于波长 550nm 的光的折射率各向异性  $\Delta n(550)$  之比即  $\Delta n(450)/\Delta n(550)$  和  $\Delta n(650)/\Delta n(550)$  为不同组合值时的光学特性，就是说， $\Delta n(450)/\Delta n(550)$  和  $\Delta n(650)/\Delta n(550)$  为 (1, 1)、(1.003, 0.993)、(1.007, 0.987)、(1.01, 0.98)、(1.03, 0.96)、(1.06, 0.95)、(1.1, 0.93)。测定结果，示于表 5。

10

表 5

$\Delta n(450)/\Delta n(550)$	$\Delta n(650)/\Delta n(550)$	特性
1	1	○
1.003	0.993	○
1.007	0.987	○
1.01	0.98	△
1.03	0.96	△
1.06	0.95	△
1.1	0.93	×

(表中：○：使用无任何问题，△：适于使用，×：不适用于使用)

从该结果可以确认，如设定为满足  $1 \leq \Delta n(450)/\Delta n(550) \leq 1.06$ 、 $0.95 \leq \Delta n(650)/\Delta n(550) \leq 1$  的关系，则可以实现显示质量高的反射型液晶显示装置，如进一步设定为满足  $1 \leq \Delta n(450)/\Delta n(550) \leq 1.007$ 、 $0.987 \leq \Delta n(650)/\Delta n(550) \leq 1$  的关系，则可以实现显示质量更高的反射型液晶显示装置。

### [实施例 7]

20 作为实施例 7，在按照与上述实施例 4 相同的条件制成的反射型液晶显示装置中，测定了在图 14 所示的包含观察方位和显示面法线的平面内的方位 16 与上述第 2 衬底附近的液晶分子的方向 14 所成的

角度 $\theta_4$  的各个角度下的亮度、对比度、着色并进行了综合评价。评估结果示于图 15。从该结果可以确认，如将 $\theta_4$  设定为 0 度以上、30 度以下或 180 度以上、210 度以下，则可以实现大体上在亮度、对比度、与无彩色轴的色差上优良的显示质量高的反射型液晶显示装置。

### 5 [实施例 8]

在实施例 8 中，根据有源矩阵型的驱动方式说明采用了具有光滑凹凸的光反射膜的例。

图 16 是表示本实施例的反射型液晶显示装置的结构的主要部分断面图。如图 16 图所示，该反射型液晶显示装置 16，备有第 1 衬底 5 和由透明玻璃构成的第 2 衬底 4，在第 1 衬底 5 上，在各像素上形成作为有源元件的 TFT 元件 17。在 TFT 元件 17 和驱动用配线（图中未示出）上，形成层间绝缘膜 18，TFT 元件 17 的漏极端子（图中未示出）与光反射性像素电极 19，通过接触孔电气连接。在光反射性像素电极 19 上，以 100nm 的厚度形成定向膜 3。

15 这里，光反射性像素电极 19，可以使用例如铝、镍、铬、银或这些金属的合金等导电性金属材料从而具有光反射性。而光反射性像素电极 19 的形状，除接触孔部分外，具有光滑的凹凸，用于防止金属反射面变为镜面。

以下，更详细地说明其形成方法。

20 在形成了上述 TFT 元件 17 和驱动用配线（图中未示出）的衬底 5 的表面上，分别形成多个由感光性树脂材料构成的大凸起 20 和小凸起 21。这些大凸起 20 和小凸起 21，用光刻技术形成多个底部直径 D1、D2（参照图 16）的圆形图案。该 D1、D2，例如分别设定为 5μm 和 3μm。此外，其间隔 D3，至少设定为 2μm 以上。而这些凸起的高度，可以根据用感光性树脂材料形成时的膜厚进行控制，在本实施例中，设定为 1.5μm，通过其后的曝光工序、烧成工序，形成光滑的凸起。

30 在这之后，为了覆盖上述凸起 20、21 并填补该凸起 20、21 间的平坦部，用同样的感光性树脂材料形成了平滑化膜 22。这样，平滑化膜 22 的表面，将受凸起 20、21 的影响而形成平滑的曲面状，从而获得了所需要的形状。此外，制作时，在上述接触孔部，既不形成凸起也不形成平滑化膜 22。

通过制作按如上所述方式构成的 TFT 元件衬底 23，可以将光反射性像素电极 19 同时用作反射板并靠近液晶层 1 配置，从而不会产生视差，而且，通过液晶层 1 并由光反射性像素电极 19 反射的光不会由于 TFT 元件 17 和元件驱动用配线部分（图中未示出）而受损害，  
5 因而可以实现所谓的数值孔径高的明亮的反射型液晶显示装置的 TFT 元件衬底 23.

另一方面，在与上述 TFT 元件衬底 23 一起使用的另一个衬底上，根据反射方式配置了高亮度化的滤色器 24。在该滤色器 24 上，配置着黑底 25，用于防止各像素之间的混色并防止由像素电极间的未施  
10 加电压部或电场扰动引起的暗显示时的反射光泄漏。

由于入射到黑底 25 的光已基本上变成圆偏振光而且由黑底 25 反射的光在出射时再次受到光学相位差补偿板的作用而被偏振片吸收，所以，即使黑底 25 采用低价格的金属膜等，在产生反射光后也  
15 不会使可视性恶化。进一步，如果对黑底 25 进行低反射处理，则显然更适用于高对比度的显示。

在该滤色器 24 上，用溅射法通过掩模淀积 ITO（铟锡氧化物）作为透明电极 6，形成厚 140 nm 的具有所需图案的用于驱动 TFT 元件的光反射性像素电极 19 的对置电极 6。然后，在其上形成定向膜 2，从而构成滤色器衬底 26。

20 另外，即使透明电极 6 具有 140 nm 厚度以外的厚度，入射光中因透明电极 6 的膜厚干扰作用而不能到达液晶层 1 的反射光也会被光学相位差补偿板 8、9 及偏振片 10 吸收，所以不影响暗状态，因而不会对可视性造成损害。

此外，对这里采用的滤色器 24，进行了适当的设计，以使其能  
25 达到与采用了偏振片的高对比度显示模式相适应的亮度，当黑底 25 的数值孔径为 90% 时，滤色器衬底 26 的透射率，在 Y 值下为 50%。

对按上述方式准备就绪的 TFT 元件衬底 23 和滤色器衬底 26，用研磨法进行定向处理，并通过用于保持液晶层 1 的厚度的塑料间隔物（图中未示出）的散布及周缘部密封的配置工序使其彼此相对配置和  
30 定位，然后，在加压下固化密封，从而制成一个用于注入液晶的液晶单元。接着，以真空注入法将介电各向异性  $\Delta\epsilon$  为正的液晶材料导入液晶层 1。然后，按钟表表盘的方向并将上方位作为 12 点方位，记述

与装置正对着的观察者看到的上下左右方向，借以表示液晶显示装置的方位。

在上述滤色器衬底 26 的与液晶层 1 相反的一侧，设置由聚乙烯醇制延伸薄膜构成的光学相位差补偿板 8 和光学相位差补偿板 9，并 5 将偏振片 10 配置在其上侧。

本实施例的构成圆偏振片 100 的偏振片 10、光学相位差补偿板 8、及光学相位差补偿板 9 的配置，按图 17 所示进行了设定。在图 17 中，11 表示偏振片 10 的透射轴方位，12 表示光学相位差补偿板 9 的滞后轴方位，13 表示光学相位差补偿板 8 的滞后轴方位，14 表示 10 与在滤色器衬底 26 上形成的定向膜 2 接触即定向膜 2 附近的液晶分子的定向方位，15 表示与在 TFT 元件衬底 23 上形成的定向膜 3 接触即定向膜 3 附近的液晶分子的定向方位。这里，制作成使在滤色器衬底 26 上形成的定向膜 2 的定向处理方位 14 为装置的 3 点方位。

另外，上述配置关系，如图 17 所示，将偏振片 10 的透射轴方位 15 11 与光学相位差补偿板 8 的滞后轴方位 13 所成的角度  $\theta_1$  设定为 75°、将偏振片 10 的透射轴方位 11 与光学相位差补偿板 9 的滞后轴方位 12 所成的角度  $\theta_2$  设定为 15°，将滤色器衬底 26 上的液晶分子的定向方向 14 与偏振片 10 的透射轴方位 11 所成的角度  $\theta_3$  设定为 130°。

20 此外，液晶层 1，采用了导入液晶材料后调整为 4.0~5.0  $\mu\text{m}$  层厚的液晶层，并采用  $\Delta n$  为 0.0667 的液晶，并将液晶层的厚度与双折射率差的乘积大致设定为 300nm。液晶层 1 的层厚，由于光反射性像素电极 19 的凹凸，具有随位置而不同的值。

25 进一步，在按如上方式制作的液晶显示板的周围安装用于驱动的电路，即可完成反射型液晶显示装置的制作。

在本实施例的反射型液晶显示装置中，由于将光反射性像素电极 19 靠近液晶层 1 配置，所以不存在视差，因而能实现良好的高解析度显示。在光反射性像素电极 19 上形成的凹凸形状，可以用来防止由反射光将观察者的脸映入装置内，因而能实现良好的白显示。进一步，由于在液晶显示装置的正面没有配置任何具有散射性的部件，所以能显示良好的暗状态，由于这些原因，可以进行高对比度系数的显示。

另外，由于采用了高亮度的滤色器 24，即使是利用了偏振片的显示，也能确保足够的亮度，而且，暗状态的反射率低，因此，同时观察对该暗状态选定的色要素的反射光及对亮状态选定的色要素的反射光时不会使颜色纯度恶化。因此，尽管在高亮度滤色器 24 的情况下色度低，也能获得良好的颜色再现性而不损害滤色器 24 的颜色再现范围。

此外，通过将施加于各象素的电压设定为暗状态和亮状态之间的中间状态，即使再现中间色调也不存在任何问题，因此，在滤色器 24 对各种颜色的中间色彩的再现上也不存在问题。另外，还确认了，即使是在实际驱动中，响应速度在动图象的再现上也不存在问题。

如上所述，采用实用的制作方法，可以实现能够进行多灰度显示和动图象显示并能确保良好的颜色再现范围的反射型液晶显示装置。

#### [实施例 9]

作为实施例 9，说明通过制作具有面内各向异性特性的凹凸形光反射膜提高亮度并使液晶层的良好倾斜视角方位朝向该亮度高的方位的例。

在实施例 9 中，以不同的图案制作在实施例 8 中曾制作过的反射型液晶显示装置的光反射性象素电极 19 的凹凸形状，并制成使凹凸形状随反射性电极的形成的平面内的方位而不同。

在本实施例中，作为满足上述条件的图案，如图 18 的主要部分放大平面图所示，所制成的凹凸形状不是圆形而是椭圆形并具有方向性。按照如图 19 所示的测定系统的配置，测定了只由该凹凸形状的光反射膜构成的光反射板的反射特性。就是说，如图 19 所示，使照射光从 30° 倾斜方位入射，并在使该光源旋转的情况下测定朝向光反射板的法线方位的反射光强度，从而测定了反射的各向异性。

测定结果，如图 20 所示，可以确认将来自特定方位的光有效地导向液晶显示装置正面的情况。但是，考虑到液晶材料的折射率与空气有很大的不同，当测定时，将折射率为 1.516 的浸渍油（配合油）滴在光反射板表面上并在其上粘贴透明玻璃板后进行测定。此外，对测定值进行换算，使 100% 为对 MgO 的标准漫射板（标准白色板）进行同样测定时所得到的值。在图 20 中，曲线 20-1 是本实施例的各

向异性漫射性反射板的测定换算值，曲线 20-2 是与实施例 8 中所用相同的漫射性反射板的同样的测定换算值。

测定结果，如图 20 所示，在本实施例的凹凸形状平均周期在反射板表面内变化的有方向性的反射板的曲线 20-1 中，随着照明光入射方位 $\phi$ 的变化，反射亮度（反射光强度）有很大的变化。与此相反，5 在凹凸形状无各向异性特性的反射板（实施例 8）的曲线 20-2 中，随着该照明光入射方位 $\phi$ 的变化，反射亮度（反射光强度）没有多大的变化。

根据上述测定结果，本申请的发明者发现，本实施例中采用的反射板所呈现出的这种平均凹凸周期随反射板表面内的方位变化的方向性（各向异性），是用于提高反射亮度的有力手段。另外，在图 20 10 中， $\phi=90^\circ$ 、 $270^\circ$  的方位，是凹凸形状平均周期短的方位，由此可以确认，来自平均周期短的方位的照明光具有高的反射亮度。

通过在包含具有上述特征的光反射板的 TFT 元件衬底 23 及按照 15 与实施例 8 同样的方式制作的滤色器衬底 26 上形成与实施例 8 一样的定向膜 2、3 并进行定向处理（扭曲角  $70^\circ$ ），制成 4 种样品。

在这 4 种样品中，偏振片 10、光学相位差补偿板 8、及光学相位差补偿板 9 的配置不同，这些配置方式，如图 21 (a) ~ (d) 所示。20 在图 21 (a) ~ (d) 中，与上述图 17 一样，11 表示偏振片 10 的透射轴方位，12 表示光学相位差补偿板 9 的滞后轴方位，13 表示光学相位差补偿板 8 的滞后轴方位，14 表示与在滤色器衬底 26 上形成的定向膜 2 接触即定向膜 2 附近的液晶分子的定向方位，15 表示与在 TFT 元件衬底 23 上形成的定向膜 3 接触即定向膜 3 附近的液晶分子的定向方位，该图是从液晶显示装置的入射光方位观察的图。

即，图 21 (a) 所示样品中的配置关系，将偏振片 10 的透射轴 25 方位 11 与光学相位差补偿板 8 的滞后轴方位 13 所成的角度 $\theta_1$  设定为  $75^\circ$ 、将偏振片 10 的透射轴方位 11 与光学相位差补偿板 9 的滞后轴方位 12 所成的角度 $\theta_2$  设定为  $15^\circ$ ，将滤色器衬底 26 上的液晶分子的定向方向 14 与偏振片 10 的透射轴方位 11 所成的角度 $\theta_3$  设定为 30  $130^\circ$ ，并将该样品作为样品#9a（与上述实施例 8 相同）。此外，使滤色器衬底 26 上的液晶分子的定向方向 14 与 3 点方向平行。

另外，图 21 (b) 所示样品中的配置关系，将偏振片 10 的透射

轴方位 11 与光学相位差补偿板 8 的滞后轴方位 13 所成的角度  $\theta_1$  设定为  $75^\circ$ 、将偏振片 10 的透射轴方位 11 与光学相位差补偿板 9 的滞后轴方位 12 所成的角度  $\theta_2$  设定为  $15^\circ$ ，将滤色器衬底 26 上的液晶分子的定向方向 14 与偏振片 10 的透射轴方位 11 所成的角度  $\theta_3$  设定为 5  $130^\circ$ ，并将该样品作为样品#9b。此外，使滤色器衬底 26 上的液晶分子的定向方向 14 与 12 点方向平行。

另外，图 21(c) 所示样品中的配置关系，将偏振片 10 的透射轴方位 11 与光学相位差补偿板 8 的滞后轴方位 13 所成的角度  $\theta_1$  设定为  $75^\circ$ 、将偏振片 10 的透射轴方位 11 与光学相位差补偿板 9 的滞后轴方位 12 所成的角度  $\theta_2$  设定为  $15^\circ$ ，将滤色器衬底 26 上的液晶分子的定向方向 14 与偏振片 10 的透射轴方位 11 所成的角度  $\theta_3$  设定为 10  $40^\circ$ ，并将该样品作为样品#9c。此外，使滤色器衬底 26 上的液晶分子的定向方向 14 与 3 点方向平行。

另外，图 21(d) 所示样品中的配置关系，将偏振片 10 的透射轴方位 11 与光学相位差补偿板 8 的滞后轴方位 13 所成的角度  $\theta_1$  设定为  $75^\circ$ 、将偏振片 10 的透射轴方位 11 与光学相位差补偿板 9 的滞后轴方位 12 所成的角度  $\theta_2$  设定为  $15^\circ$ ，将滤色器衬底 26 上的液晶分子的定向方向 14 与偏振片 10 的透射轴方位 11 所成的角度  $\theta_3$  设定为 15  $40^\circ$ ，并将该样品作为样品#9d。此外，使滤色器衬底 26 上的液晶分子的定向方向 14 与 12 点方向平行。

这些样品，除制作光反射板时的凹凸形状图案制作工序以外，与上述实施例 8 的制作方式相同。

对具有这种凹凸形状光反射板的各样品反射型液晶显示装置进行目视观察后发现，当从正面方向观察时，与上述实施例 8 相比，可以在各样品#9a ~ #9d 中实现高亮度的显示，而且，各向异性的凹凸具有提高亮度的作用。这时，当照明光从 12 点方位和 6 点方位入射时，反射亮度高。此外，当从正面方位照明并从倾斜方位观察时，亮度也是在 12 点方位和 6 点方位得到提高。

另外，当使照明光从正面方位对这些样品液晶显示装置入射并从 20 由正面倾斜  $45^\circ$  后的各个方位进行观察时，样品#9a 和样品#9d，在反射亮度高的倾斜方位即 12 点方位和 6 点方位，得到良好的显示，进一步，在这 2 个方位上还可以实现对比度良好的显示，特别是，当从

反射亮度高的方位观察时，感觉不到由倾斜引起的显示变化。另一方面，样品#9b 和样品#9c，在亮度高的方位即 6 点方位和 12 点方位的显示上观察到对比度恶化。

上述情况，表示出液晶显示调制层（液晶层 1）的可视性最优的 5 视角方位随  $\theta_3$  值的不同而改变。而按照使该可视性良好的方位与上述光反射板的各向异性凹凸形状的亮度高的方位一致的样品#9a 和 样品#9d，可以实现由本发明的偏振片、光学相位差补偿板及液晶显示 调制层（液晶层）产生高对比度系数的高质量显示。

另外，根据本发明的液晶显示装置的主要使用环境，也可以将本 10 实施例中使用的光反射板的各向异性凹凸形状的方位设定为其他 方位，而且，在这种情况下，如将液晶定向、偏振片及光学相位差补 偿板的设定角同样设定为使倾斜视角特性良好的方位朝向高亮度的 方位，则当然可以带来同样的效果。

#### [实施例 10]

15 接着，作为实施例 10，说明采用了作为本发明的反射型液晶显 示装置的主要应用领域即携带式设备中的信息输入装置的触摸板的 触摸板一体式反射型液晶显示装置的实施例。

首先，本实施例中使用的触摸板的简略结构，示于图 22 即其主 20 要部分断面图。如图 22 所示，该触摸板 31，是一种平面状的压敏元 件，在结构上，将形成了按压位置检测用透明电极 30 的支承衬底 28 及形成了按压位置检测用透明电极 29 的可动衬底 27 配置成使透明电 极 29、30 隔着空隙彼此相对。此外，所采用的可动衬底 27 及支承衬 底 28，都不具有双折射特性。

在图 23 的主要部分断面图中示出本实施例的简略结构。如图 23 25 所示，本实施例的触摸板一体式反射型液晶显示装置，将光学相位差 补偿板 8、光学相位差补偿板 9、偏振片 10 粘贴在触摸板 31 的可动 衬底 27 上，并将该粘合后的组件配置在与上述实施例 8 的未粘贴偏 振片 10 及光学相位差补偿板 8、9 时具有同样结构的液晶驱动单元的 显示面侧。

30 这时，液晶层 1 的定向方位、偏振片 10 及光学相位差补偿板 8、 9 的配置，与上述图 17 所示相同（实施例 8），除触摸板以外，具有 相同的结构。通过将触摸板的支承衬底 28 与反射型液晶显示装置的

滤色器衬底 26 的间隙保持一定，可以具有防止按压力传递的效果，即，在结构上，通过设置空隙 32，可以在不使用按压力缓冲构件因而使重量减轻的情况下使对触摸板的按压力不传递到滤色器衬底 26 上。

5 另外，作为比较例，制作了结构如图 24 的主要部分断面图所示的触摸板一体式反射型液晶显示装置。即，比较例的结构，是将图 22 所示的触摸板 31 配置在具有上述实施例 8 的结构的偏振片 10 的上部。因此，本实施例与比较例的唯一不同点，是触摸板 31 的配置位置。

10 以下，对本实施例和比较例进行比较。首先，在比较例中，可以直接观察到触摸板上的反射光分量，因而使可视性显著恶化。该反射光，不仅由夹在触摸板的按压位置检测用透明电极 29、30 之间的空隙产生，而且由夹在触摸板支承衬底 28 与偏振片 10 之间的空隙产生。

15 与此不同，在本实施例中，根本观察不到在比较例中发生的那种反射光分量，因此，与不使用触摸板时（实施例 8）一样，能获得非常良好的显示。此外，在本实施例中，也观察不到像比较例那样的由夹在触摸板的按压位置检测用透明电极 29、30 之间的空隙产生的反射光。

20 进一步，也观察不到防止按压力传递用的空隙 32 与触摸板支承衬底 28 的界面及触摸板支承衬底 28 与液晶显示装置的滤色器衬底 26 的界面的反射。因此，按照实施例 10，不需要按压力缓冲构件，因而重量轻，并且，显示装置可以将由输入装置的防反射手段产生的圆偏振状态有效地用于显示，从而可以实现输入装置（触摸板）一体式反射型液晶显示装置。

25 另外，图中虽未详细示出，但通过将触摸板 31 的可动衬底 27 省去并将透明电极 29 直接配置在光学相位差补偿板 8 的液晶层 1 侧，可以实现更为简便且轻量的结构。

#### [发明的第 2 实施形态]

在下文中，参照附图说明本发明的另一实施形态。

30 另外，为便于说明，对与在上述实施形态中示出的构件具有同样功能的构件，标以相同的符号，而将其说明省略。

到此为止，说明了当对液晶层施加足够的电压时使液晶层失去偏

振变换作用并在这种近似的情况下获得良好特性的例，但考虑到对液晶施加的电压仅限于有限的电压，因而在这种条件下进行精细的最佳化才是有效的。

就是说，如参照上述图1进行说明，则当施加于液晶的电压是其最大值时实现黑显示，此时的液晶不是完全朝向衬底的法线方向，而应考虑与衬底4、5平行的分量对液晶定向所留有的效果。考虑到这种情况的暗显示条件，与前文所说明过的一样，是在对液晶施加实用上的最大电压的状态下，从偏振片10入射后的光在依次通过光学相位差补偿板8、9和液晶层1后变为圆偏振光。

这时，由于在液晶层1上施加着实用上的最大电压，所以，虽然大致是不产生偏振变换作用的状态，但根据液晶定向的与衬底平行的分量还留有一定的偏振变换作用（以下，称作残留相位差），通过根据该残留相位差使光学相位差补偿板8、9从前文所述的条件进行若干变更，即可在实用上的最大电压下实现良好的暗显示。

另一方面，采用为接如上方式实现良好的暗显示而最佳化后的光学相位差补偿板8、9及液晶层1的定向获得良好的亮显示的条件，同样，在反射板3表面上的偏振状态应为直线偏振光，但是，实现这种条件的液晶层1的设计参数，应以可施加足以能将前文所述的液晶残留双折射忽略的电压为准则。

就是说，当采用根据液晶的残留相位差进行了若干变更的光学相位差补偿板8、9时，液晶层1的设定，与变更前的液晶层1的设定没有很大的差别，可以根据前文所述的设定进行推算。

在图25中，示出本实施形态的反射型液晶显示装置的简略结构。如图25所示，该反射型液晶显示装置，是在上述实施形态1的反射型液晶显示装置中在圆偏振片100的光学相位差补偿板8与衬底4之间配置了一个用于消除液晶层1的残留相位差的第3光学相位差补偿板101。在图26中，示出该反射型液晶显示装置中的3个光学相位差补偿板8、9、101的配置一例。

在将液晶层1的扭曲角设定为本申请发明所示的扭曲角设定范围的中心附近即大约为70°扭曲角时，液晶层1的残留相位差，留有与液晶层1的衬底4、5的中央液晶定向方位平行的滞后轴双折射分量。为将其消除，适当地配置了一个在与该液晶方向正交的方位上具

有滞后轴的光学相位差补偿板，用作第 3 光学相位差补偿板 101。其延迟量，虽然取决于对液晶施加的最大电压，但如大致设定为 10~50 nm 左右，则可以将液晶层 1 的残留相位差消除。

下面，对图 25 所示的反射型液晶显示装置，进一步研讨通过改善视角并实现良好的显示的方法。

在图 25 所示的反射型液晶显示装置中，采用在实际驱动电压的最大值下实现良好的暗显示，在由此而获得良好显示的方法，能有效地补偿在对液晶层 1 施加足够电压的状态下的液晶的残留双折射。

因此，通过扩大能满意地消除液晶层 1 的残留双折射的观察角度范围，可以使视角扩大。为能有效地实现这一点，可使用考虑了液晶定向的三维配置的光学相位差补偿板。

在图 27 中，简略地示出液晶层 1 在实际驱动状态下的三维定向。该图 27，更真实地示出图 25 的反射型液晶显示装置的实际液晶定向。在该状态下，对于沿显示面法线方向通过液晶层 1 的光，可以用通常在平面内具有滞后轴方位的单轴性光学相位差补偿板消除残留的双折射，但对于倾斜地通过液晶层 1 的光，采用进一步考虑到液晶 1 的定向倾斜的光学相位差补偿板才是有效的。

首先，由于液晶大致垂直于衬底 4、5 定向，所以，液晶层 1 的折射率，相对于衬底法线方向的电场具有很大的分量。为能将该分量消除，可使用具有使与第 3 光学相位差补偿板 101 的层厚方向的电场对应的折射率较小的特性的光学相位差补偿板，其实现方法是，使光学相位差补偿板 101 为在光学上具有单轴性而且与膜厚方向的电场对应的折射率小于膜面方向的光学相位差补偿板。进一步，为消除上述液晶层沿层面内方向的残留相位差，可以使光学相位差补偿板 101 为在光学上具有二轴性的折射率椭圆体。

另外，更严格地说，考虑到液晶定向不完全垂直于衬底 4、5，才是有效的。特别是，当在反射型液晶显示装置中将漫射性反射膜、或反射膜相对于显示面倾斜配置时，更一般地说，当采用具有将光的方位变更为与显示面的正反射方向不同的方向的作用的反射板时，分别相对于通过液晶层 1 后到达光反射膜 7 的光路及从光反射膜 7 通过液晶层 1 出射时的光路将液晶的残留双折射消除，能有效地实现良好的视角。

根据图 28, 进行更为详细的说明。如图 28 所示, 考虑了从使用周围的照明光 A 切换到主要使用照明光 B 时对反射型液晶显示装置的正面方向的观察者的照明环境变化的情况。

这时, 尽管观察者与液晶显示装置的位置固定, 但由于周围照明光的变化, 暗显示的亮度和色调发生了变化。其原因是, 液晶的残留双折射的消除程度因通过液晶层 1 的光路方向不同而发生了变化, 通过防止发生这种情况, 可以实现更为良好的显示。

#### [实施例 11]

作为实施例 11, 按照表 6 所列的参数制作了具有上述图 25 所示 10 结构的反射型液晶显示装置, 并得到 2 个样品#11a、#11b。

表 6

参数	样品 #11a	样品 #11b
$\Delta n d$ (nm)	260	260
$\theta_3$ (度)	40	40
扭曲角 (度)	70	60
光学相位差补偿板 8 的角度 $\theta_1$ (度)	75	75
光学相位差补偿板 8 的延迟	135nm	135nm
光学相位差补偿板 9 的角度 $\theta_2$ (度)	15	15
光学相位差补偿板 9 的延迟	270nm	270nm
$\theta_5$ (度)	165	165
光学相位差补偿板 101 的延迟	30nm	30nm

在图 29 中, 示出各样品#11a、#11b 的电压反射率曲线。为进行比较, 还示出了实施例 3 的反射型液晶显示装置的电压反射率曲线。

由该图可以看出, 本实施例的样品#11a, 虽然亮显示的反射率有所降低, 但可实现良好的暗显示。而样品#11b, 既能不降低亮度, 又能实现良好的暗显示。

这里, 对用 1 个光学相位差补偿板实现光学相位差补偿板 101 和光学相位差补偿板 8 两者的作用进行了进一步的研究, 目的是通过减少光学相位差补偿板的使用数而制作成本更低的与上述构成例相同的液晶显示装置。

这时，如两个光学相位差补偿板层叠并配置成使滞后轴彼此平行，则可以用延迟等于两者的延迟之和的 1 个光学相位差补偿板代替，而当两个光学相位差补偿板层叠并配置成使滞后轴彼此正交时，可以用延迟等于两者的延迟之差的 1 个光学相位差补偿板代替。

5 就是说，由于本实施例样品#11b 的光学相位差补偿板 8 和光学相位差补偿板 101 彼此贴近地层叠配置且滞后轴方位相互正交，所以，可以用延迟等于两者之差的 1 个光学相位差补偿板代替。就是说，通过改变光学相位差补偿板 8 的延迟，可以取得与样品#11a、#11b 相同的效果。

10 为确认这种效果，进一步制作了样品#11c、#11d。各样品#11c、#11d，具有与上述实施形态 1 的图 1 相同的断面结构。各样品#11c、#11d 的光学相位差补偿板 8、9 的配置，示于表 7。

表 7

参数	样品 #11c	样品 #11d
$\Delta nd$ (nm)	260	260
$\theta_3$ (度)	45	135
扭曲角 (度)	60	60
$\theta_1$ (度)	75	75
光学相位差补偿板 8 的延迟	105nm	165nm
$\theta_2$ (度)	15	15
光学相位差补偿板 9 的延迟	270nm	270nm

15 各样品#11c、#11d 的电压反射率曲线，与图 29 中示出的样品#11b 相同。

由此可知，在对液晶施加实用上的最大电压的状态下，通过追加用于消除液晶的残留相位差的第 3 光学相位差补偿板，可以实现良好的特性。另外，还确认了即使是采用 2 个光学相位差补偿板时也可以通过延迟调整实现同样的效果。就是说，确认了通过追加和调整考虑了实际驱动的光学相位差补偿板可以实现更良好的黑显示。

#### [实施例 12]

在实施例 12 中，配置了一个在光学上具有单轴性倾斜光轴的光

学相位差补偿板，用作第 3 光学相位差补偿板 101，以便能在更多的方位上消除液晶层 1 的残留双折射，并制作了结构如图 30 所示的反射型液晶显示装置，将其作为样品#12a。此外，还制作了将二轴性光学相位差补偿板用作第 3 光学相位差补偿板 101 的结构如图 31 所示的反射型液晶显示装置，并将其作为样品#12 b。

在该例中，光学相位差补偿板 101 的折射率椭圆体对衬底不倾斜。

这里，在图中虽未示出，但作为光反射膜 7，采用了与图 16 的反射型液晶显示装置相同的凹凸金属反射板，以使其具有光漫射性。

另外，作为样品#12 c，制作了除使用了正单轴性光学相位差补偿板作为光学相位差补偿板 101 以外与样品#12a、#12b 具有相同结构的反射型液晶显示装置。

各样品#12a ~ #12 c 的光学元件配置，示于表 8。

表 8

参数	样品	#12a	#12b	#12c
$\Delta nd$ (nm)		260	260	260
$\theta_3$ (度)		45	45	45
扭曲角(度)		60	60	60
$\theta_1$ (度)		75	75	75
光学相位差补偿板 8 的延迟		135nm	135nm	135nm
光学相位差补偿板 9 的角度 $\theta_2$ (度)		15	15	15
光学相位差补偿板 9 的延迟		270nm	270nm	270nm
光学相位差补偿板 101 的种类	倾斜的负 单轴性	二轴性	正单轴性	
光学相位差补偿板 101 的角度 $\theta_5$ (度)	165*	165*	165*	
光学相位差补偿板 101 的延迟	30nm*	30nm*	30nm*	

15

样品#12a、#12b 的光学相位差补偿板 101 的方向，表示光学相位差补偿板的 X 方向的粘贴方位。而光学相位差补偿板 101 的延迟，是沿衬底法线方向传播的光以 X 方向为滞后轴产生的值。

另外，样品#12a ~ #12c 的视角评价结果，示于表 9。

表 9

样品 参数	#12a	#12b	#12c
正面观察的亮表示	白表示	白表示	白表示
正面观察的暗表示	观察不到照明方位上的着色，黑显示的反射率不增大。	观察到随照明方位而不同的着色。黑显示的反射率不增大。	观察到随照明方位而不同的着色。黑显示的反射率增大。
倾斜观察的亮表示	白表示	白表示	白表示
倾斜观察的暗表示	向任何方向倾斜都不带有着色的黑显示	带着随倾斜方位而不同的着色的黑显示	带有随倾斜方位而不同的着色且当倾斜时变亮的黑显示

样品#12a 中使用的光学相位差补偿板 101, 通过拉伸法处理制作成使折射率椭圆体倾斜，并使与在正面方向透过的光线对应的延迟为 30nm 左右。

如图 30 所示，该薄膜呈现出仅与电场的 z 分量对应的折射率小于与其他分量、即 x 和 y 分量对应的折射率的负单轴性，而且，该 z 方向从平面状薄膜的光学相位差补偿板 101 的表面法线方向倾斜。该 z 方位，被配置成接近实用上的最大电压下的液晶定向方位，x 方向，对光学相位差补偿板 101 的正面方向的光起着滞后轴的作用。

该光学相位差补偿板 101, 满足  $(n_x - n_z)d_{101} = (n_y - n_z)d_{101} = 300$  nm, 其中,  $d_{101}$  为光学功能层的厚度, 各  $n_x$ 、 $n_y$ 、 $n_z$ , 分别为图 30 所示的 x、y、z 方向的折射率。

另外，为了精密地消除液晶层 1 的三维定向，当然可以采用使向列液晶性定向或圆盘状的(ディスコティック)液晶性定向固定化的高分子薄膜。

样品#12b 中使用的光学相位差补偿板 101, 通过拉伸法处理制作成二轴性折射率椭圆体。使与在正面方向透过的光轴对应的延迟为 30nm 左右。

如图 31 所示，该薄膜的与电场的各分量对应的折射率，从大的幅值起，依次为 x 分量、y 分量、z 分量。并且，满足  $(n_x - n_z)d_{101} = 30 \text{ nm}$ 、 $(n_y - n_z)d_{101} = 300 \text{ nm}$ 。

如表 9 所示，亮显示都是白显示；暗显示，从最满意起依次为样品 #12a、#12b、#12c。而总体的评价，从最满意起按顺序为样品 #12a、#12b、#12c。这是因为在白显示中特性虽然变化但在视觉上没有差别。与此相反，在黑显示中，视觉差异很大，因而影响了总体评价。

如上所述，确认了通过对光学相位差补偿板进行的考虑了液晶三维定向的处理可以实现视角良好的液晶显示装置，进一步，还确认了如使光学相位差补偿板 8 和 9 为二轴性则可以实现更为良好的暗状态。

另外，在本实施例中，为了降低成本，当然也可以与实施例 11 一样使用兼有光学相位差补偿板 8 和光学相位差补偿板 101 二者功能的相位差薄膜。

#### 15 产业上的可应用性

如上所述，按照本发明的反射型液晶显示装置，可以将光反射膜等光反射板的反射面设置在液晶层侧，并能获得良好的暗状态。因此，可以实现能以无视差、高对比度的高清晰度显示动图象的反射型液晶显示装置。

20 另外，如在本发明的反射型液晶显示装置中采用调整为高亮度的滤色器，则能实现具有良好的颜色再现性的显示质量高的彩色显示反射型液晶显示装置。

另外，按照本发明的触摸板一体式反射型液晶显示装置，当对上述本发明的反射型液晶显示装置附加触摸板时，通过配置与偏振片及 25 2 个光学相位差补偿板组合后的触摸板，可以防止发生对显示特性造成恶劣影响的反射光，并能实现高质量的触摸板一体式反射型液晶显示装置。

如上所述，按照本发明的反射型液晶显示装置，可以将光反射膜等光反射板的反射面设置在液晶层侧，并能获得良好的暗状态。因此，可以实现能以无视差、高对比度的高清晰度显示动图象的反射型液晶显示装置。

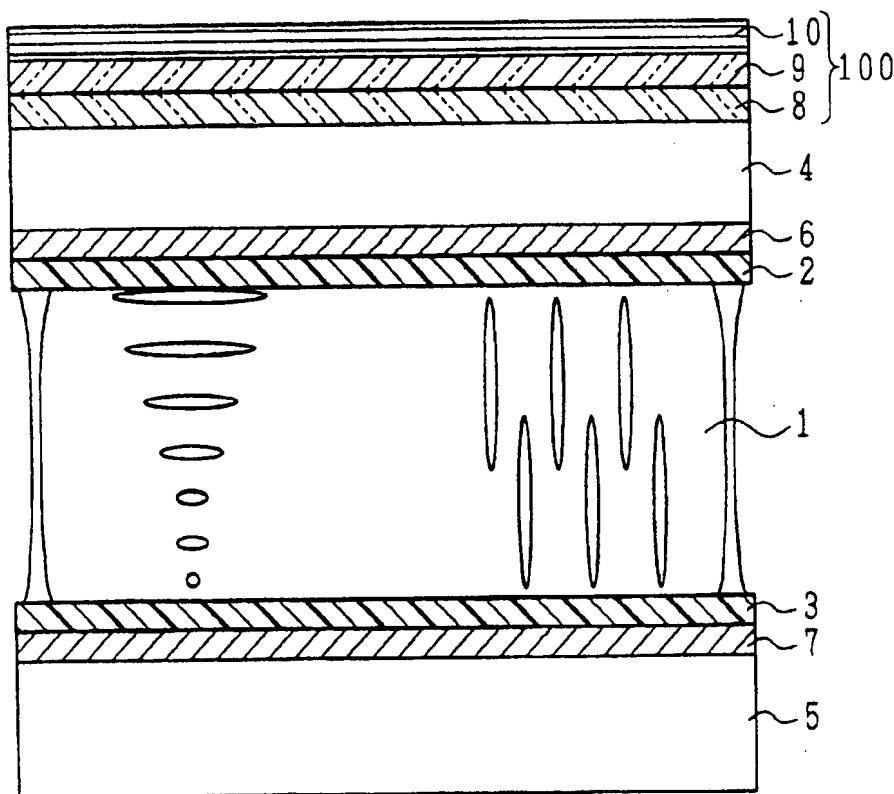


图 1

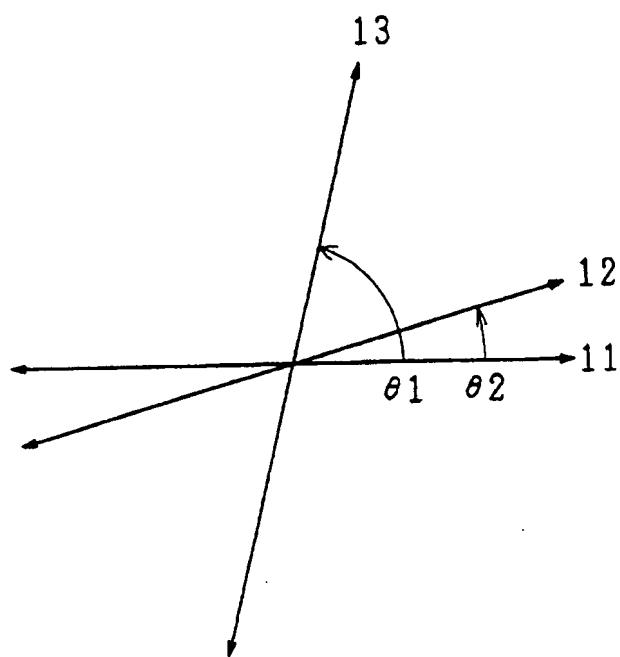


图 2

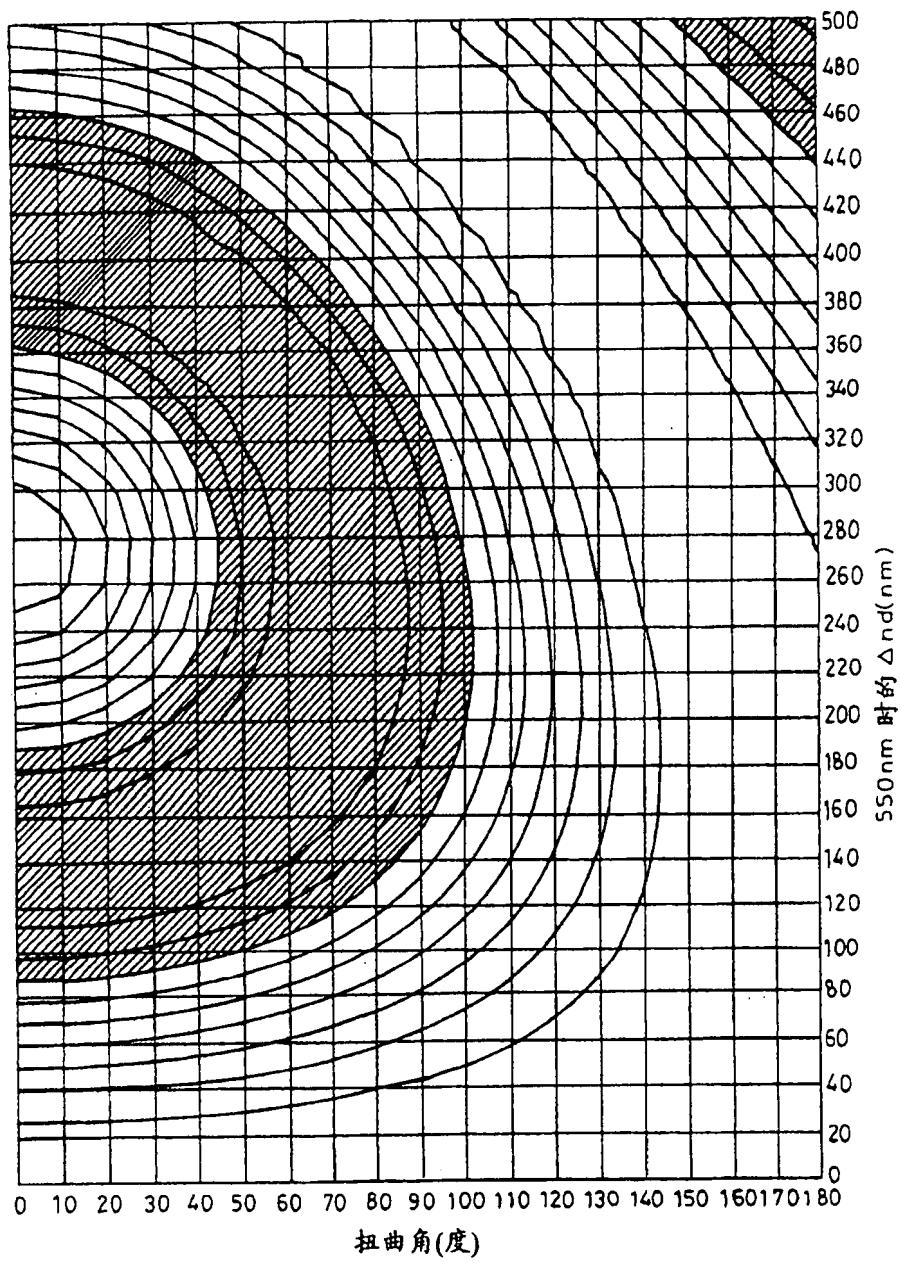


图 3

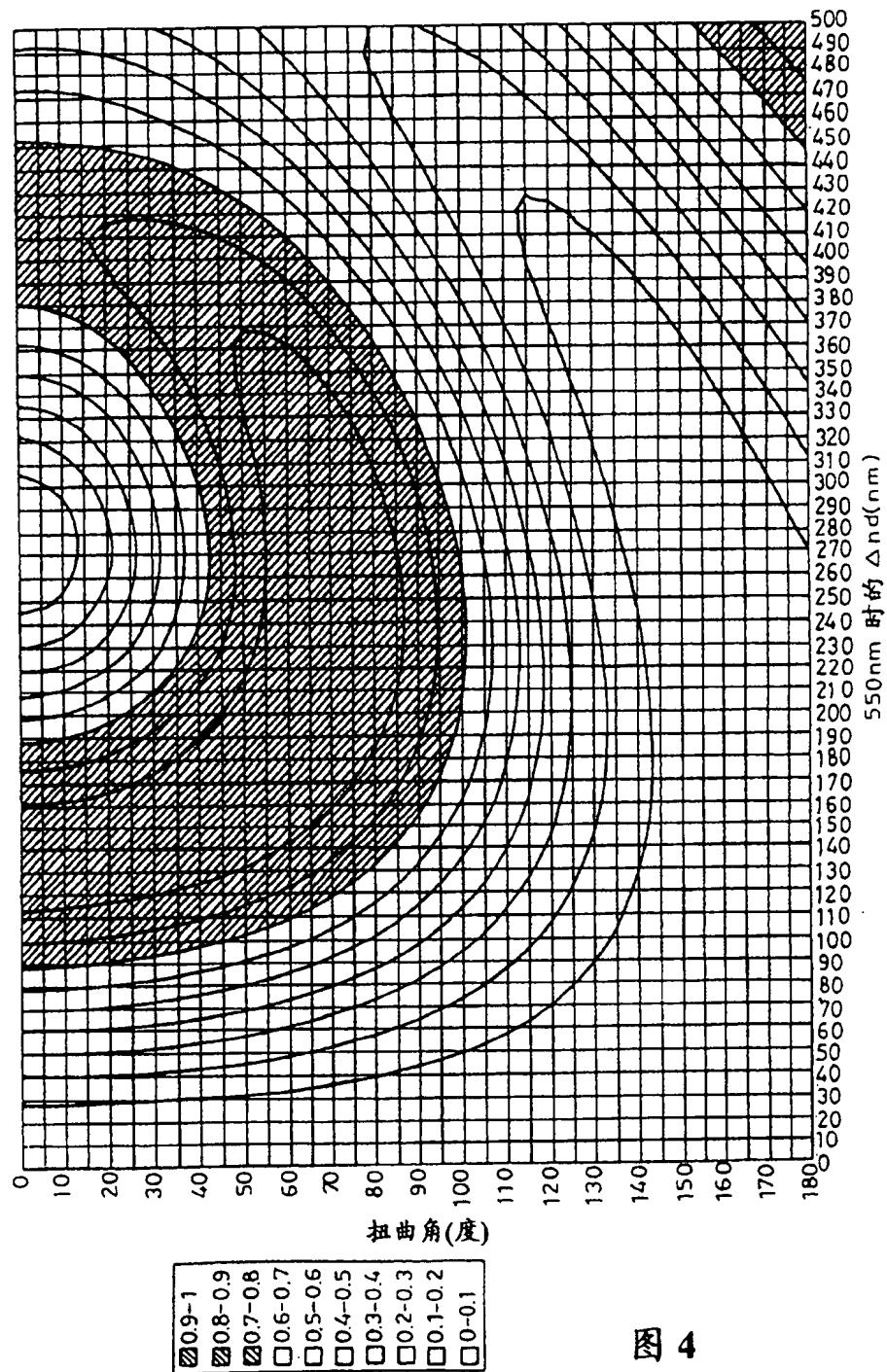


图 4

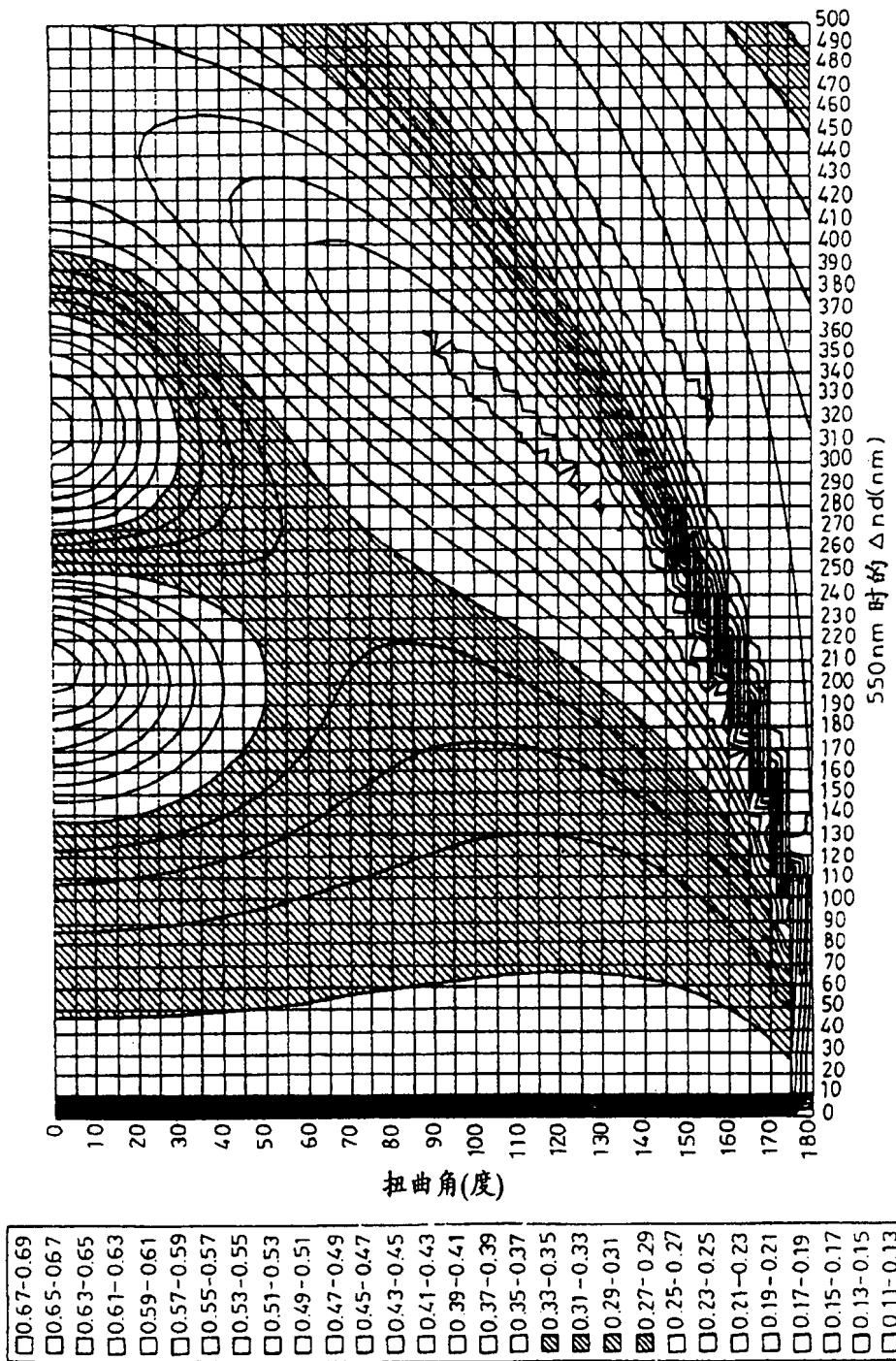
CIE1931色度座标系 x (光源D<sub>65</sub>)

图 5

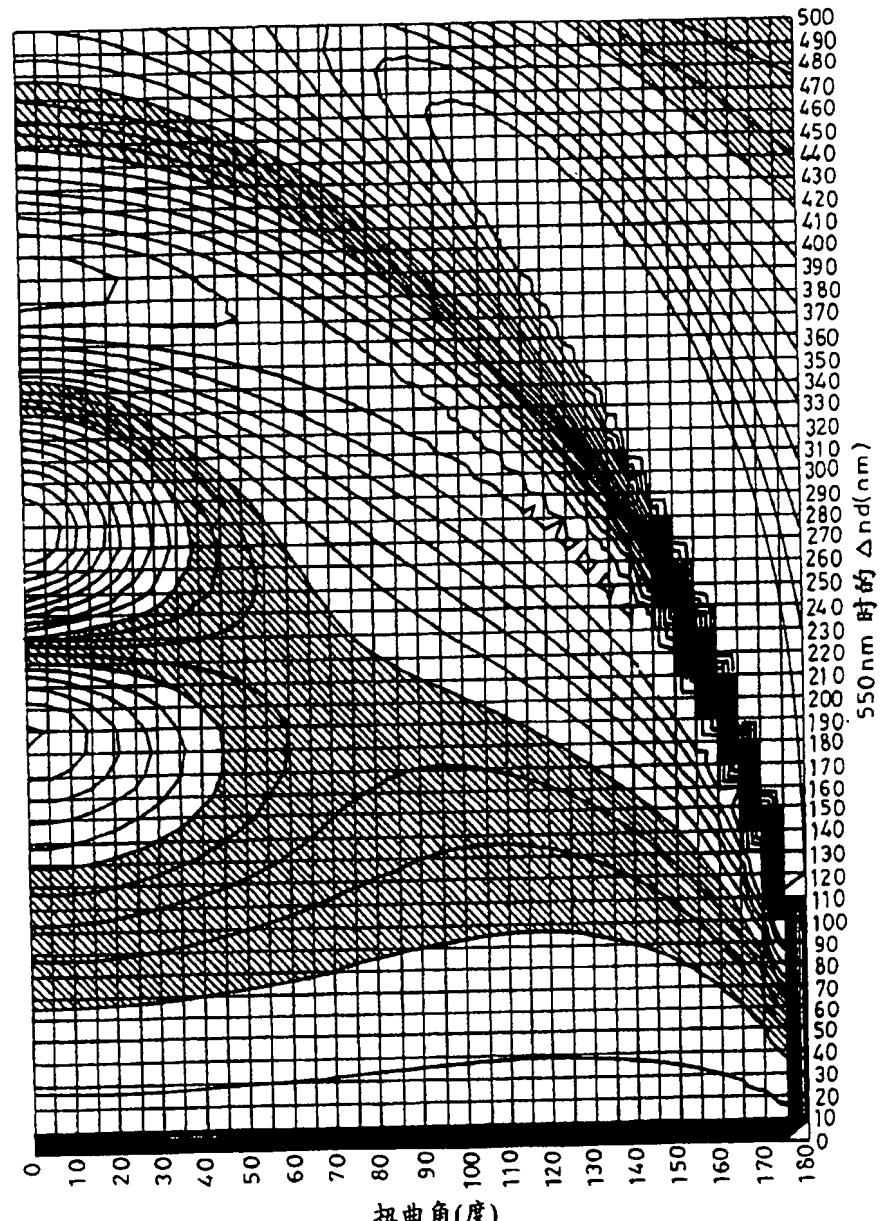
CIE1931色度座标系 y (光源D<sub>65</sub>)

图 6

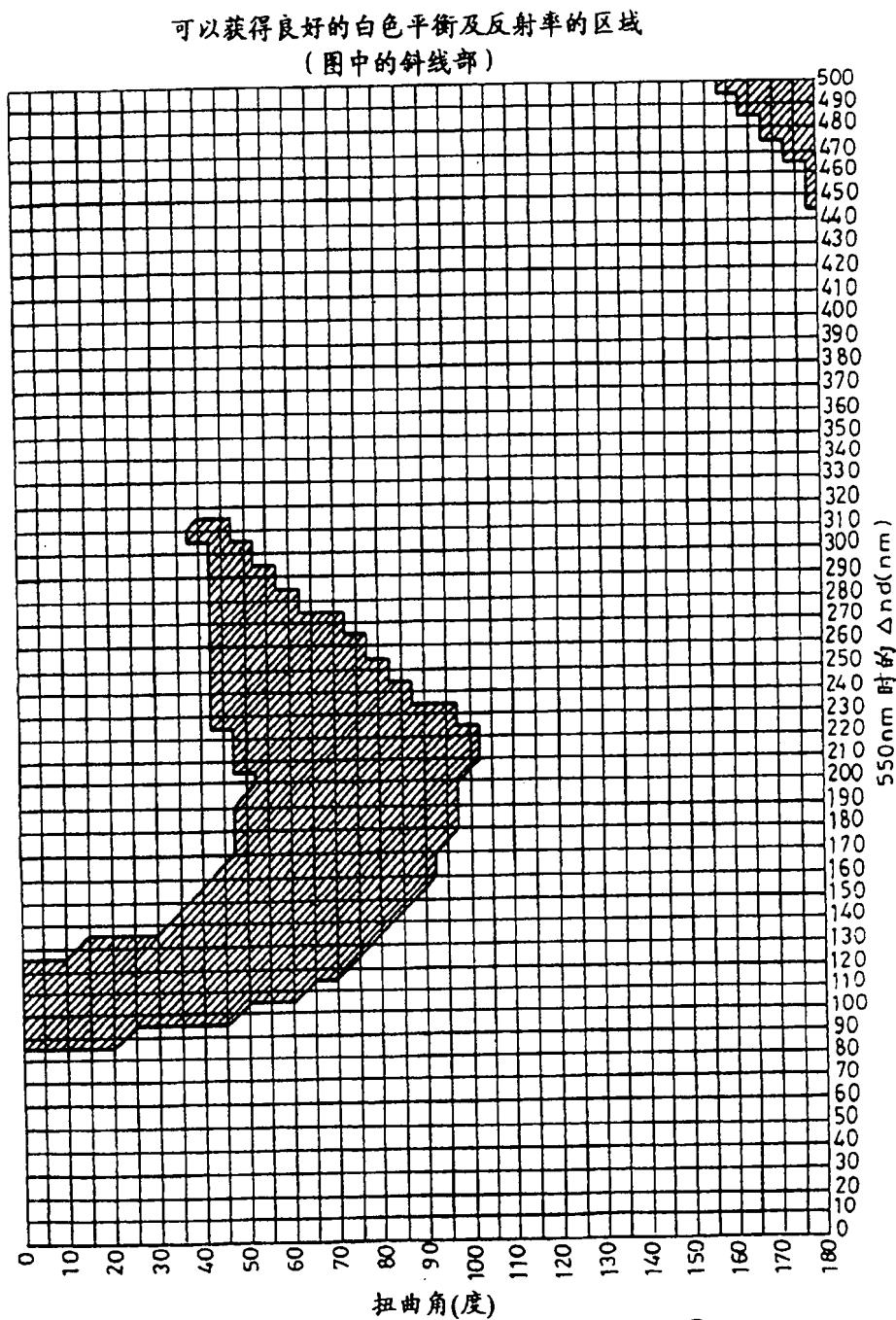


图 7

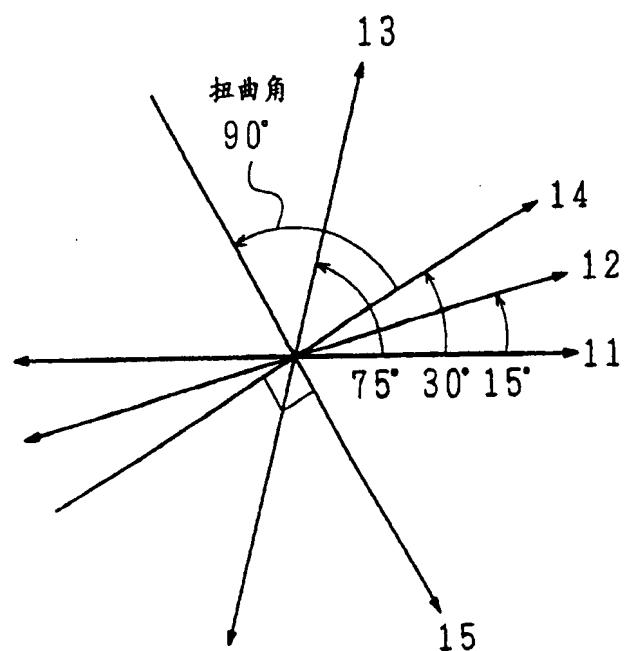


图 8

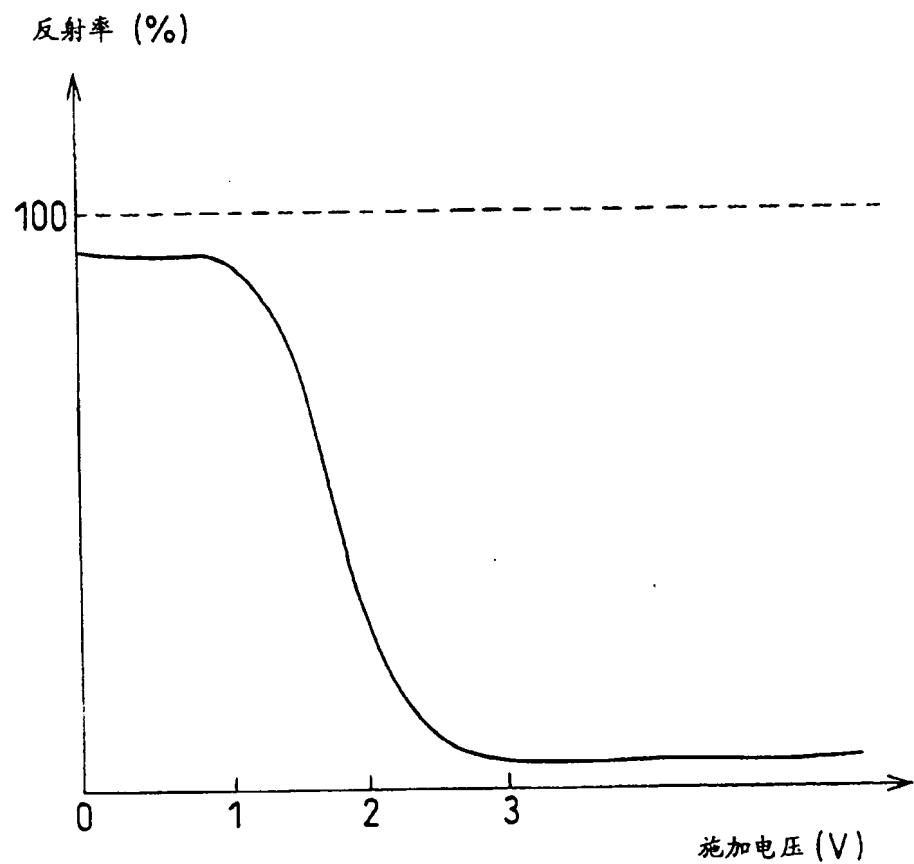


图 9

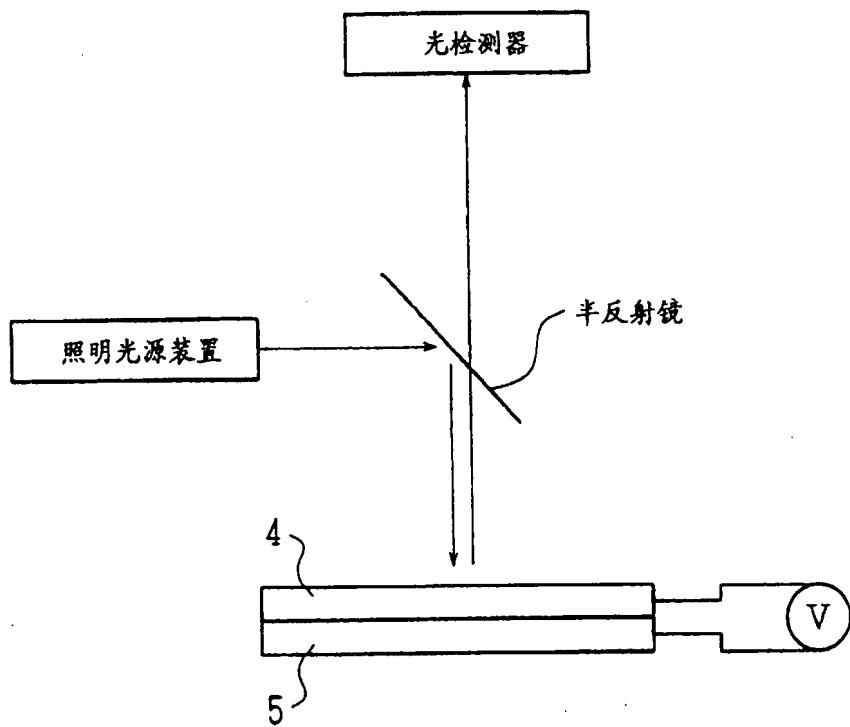


图 10

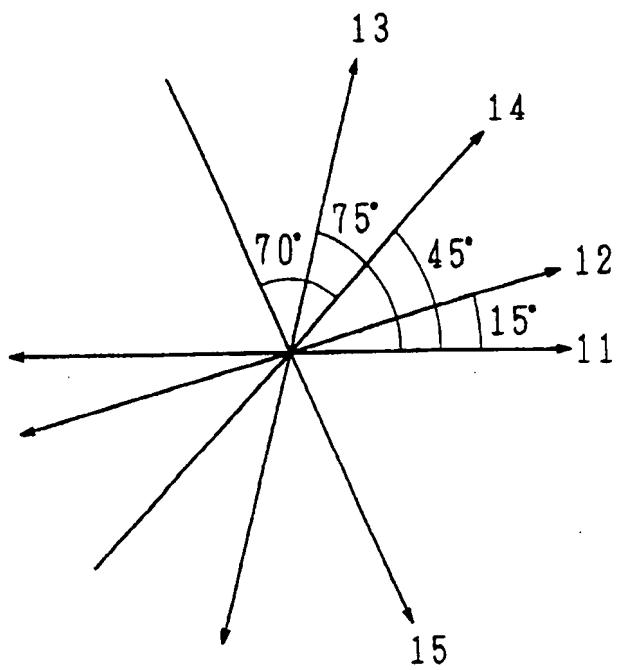


图 11

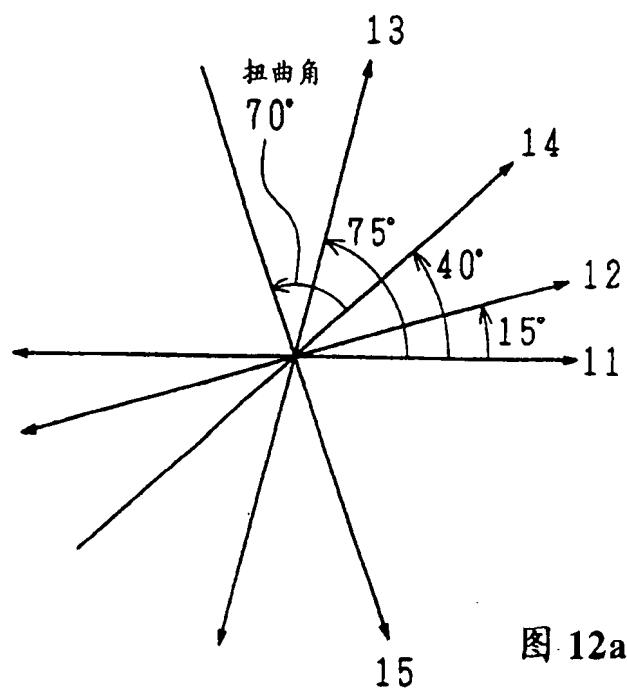


图 12a

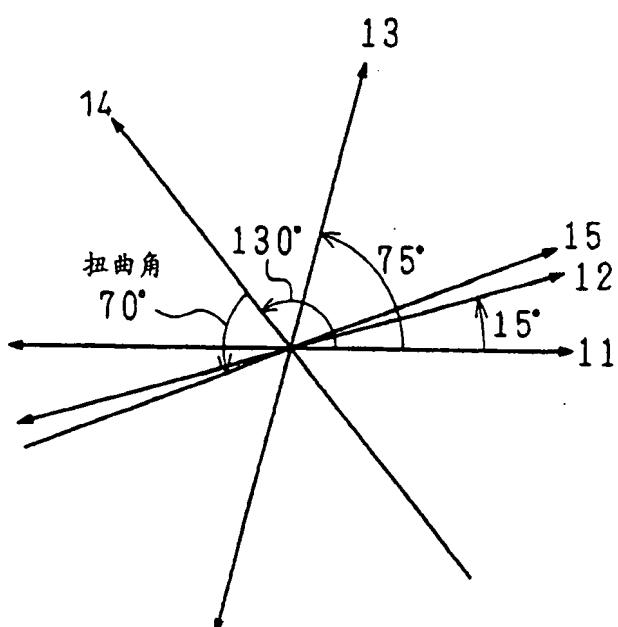


图 12b

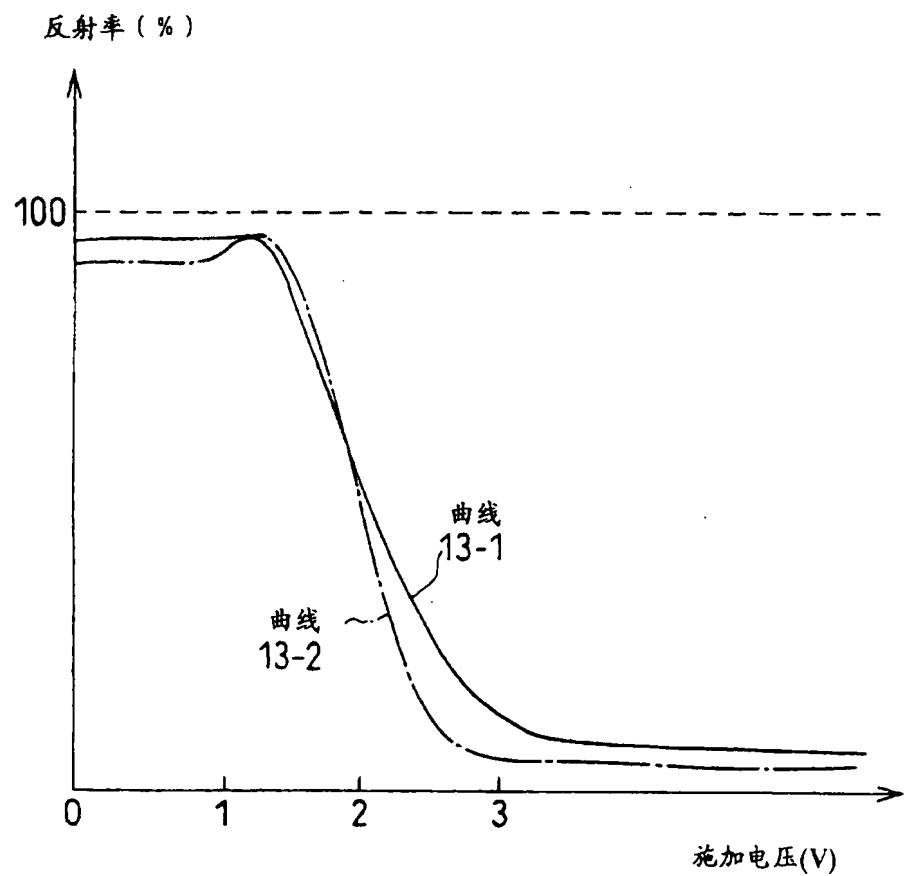


图 13

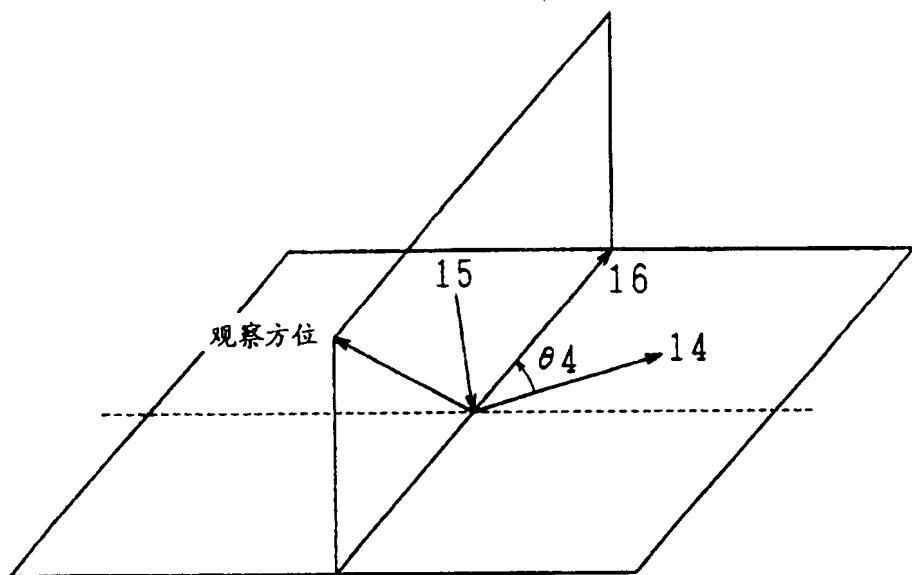


图 14

$\theta_4 / \text{度}$	亮度	反差	与无彩色轴的色差	综合
0	○	△	○	○
10	○	△	○	○
20	○	△	○	○
30	○	△	○	×
40	△	△	○	×
50	×	△	○	×
60	×	△	△	×
70	×	○	×	×
80	△	○	×	×
90	△	○	×	×
100	△	○	×	×
110	△	○	×	×
120	×	○	×	×
130	×	○	×	×
140	×	○	×	×
150	×	○	△	×
160	×	○	△	×
170	×	△	○	×
180	○	△	○	○
190	○	△	○	○
200	○	△	○	○
210	○	△	○	○
220	△	△	○	×
230	△	△	○	×
240	△	△	○	×
250	△	△	△	×
260	○	○	×	×
270	○	○	×	×
280	○	○	×	×
290	○	○	×	×
300	△	○	×	×
310	×	○	×	×
320	×	○	×	×
330	×	△	△	×
340	×	△	△	×
350	△	△	△	×

(表中 ○: 使用无任何问题 △: 适于使用, ×: 不适于使用 )

图 15

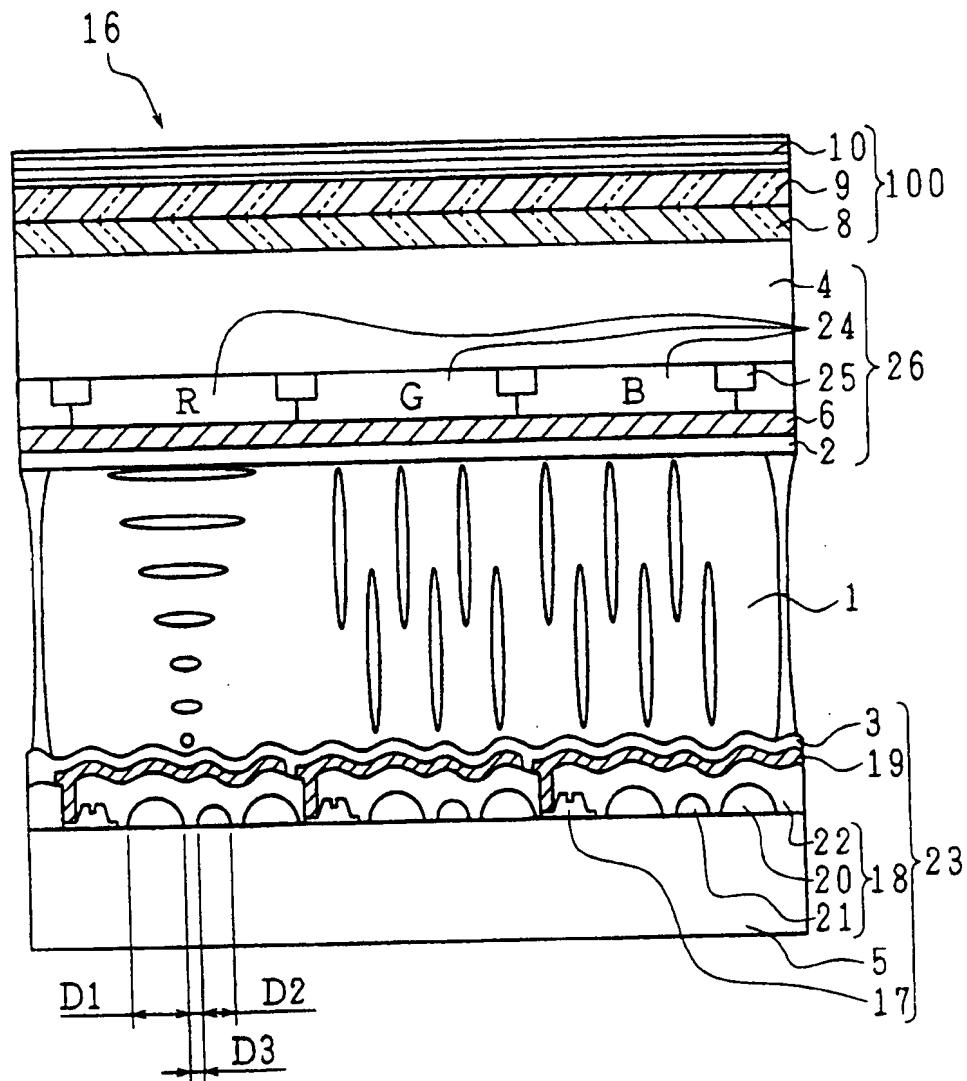


图 16

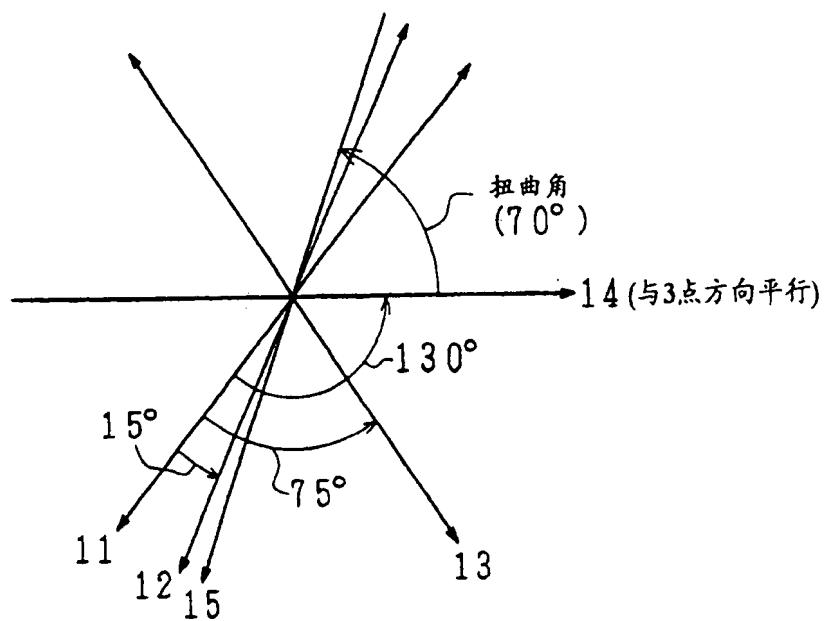


图 17

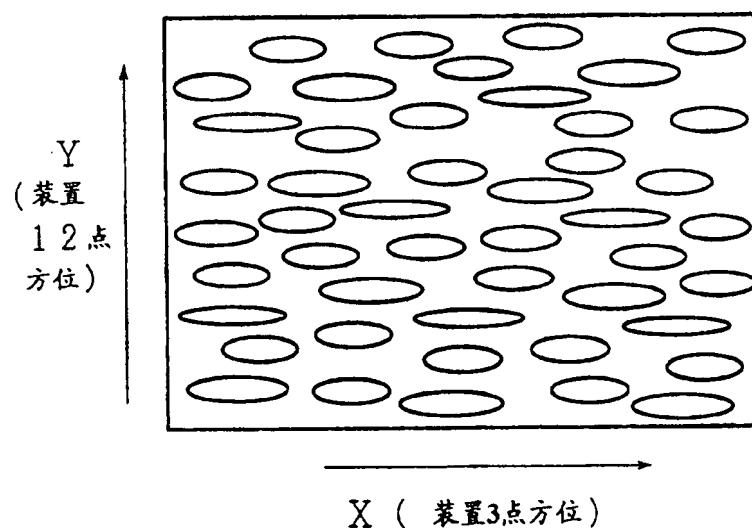


图 18

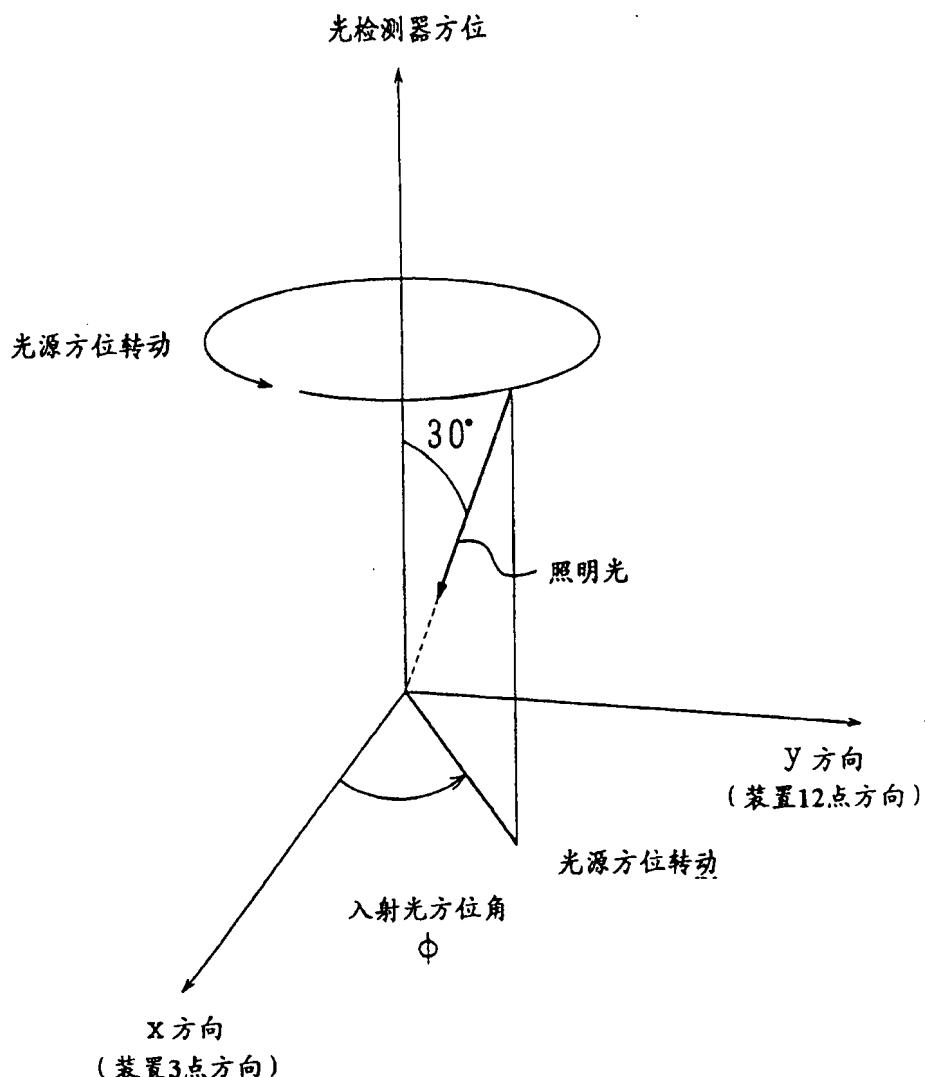


图 19

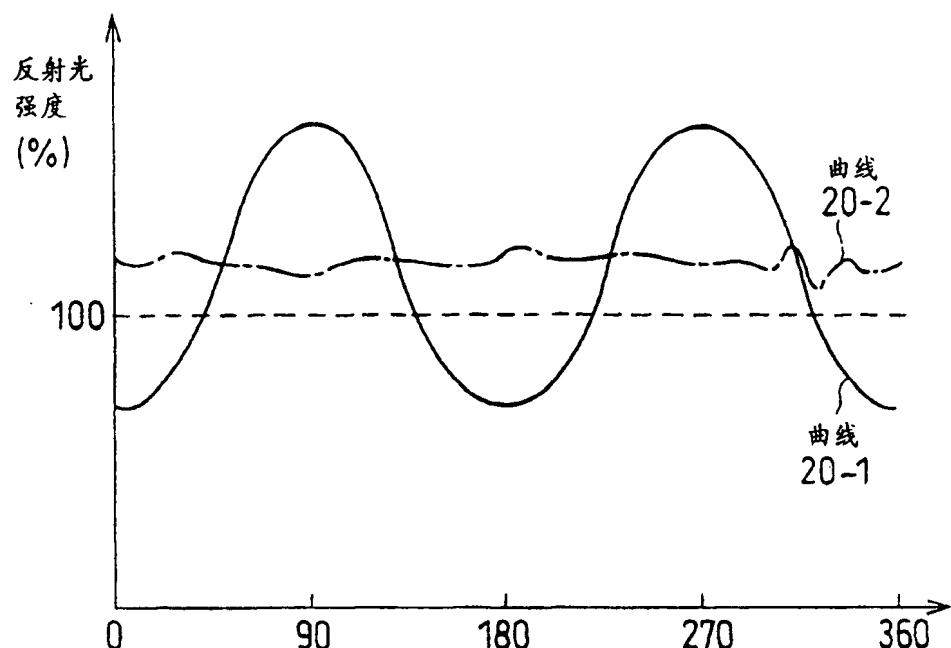
照明光源的方位角 $\phi$ （度）

图 20

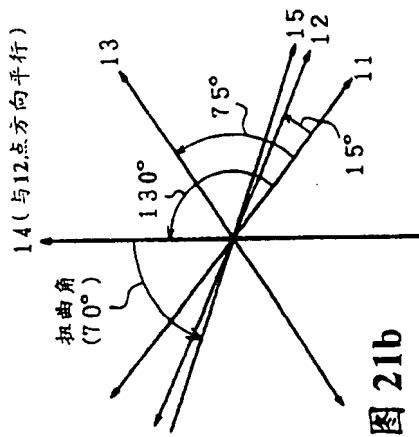


图 21b

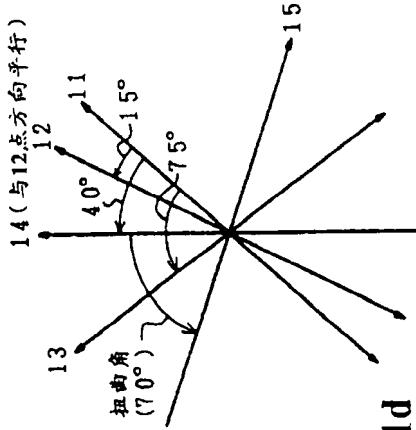


图 21d

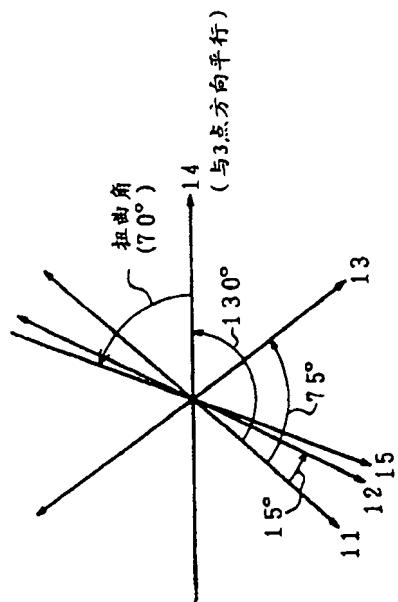


图 21a

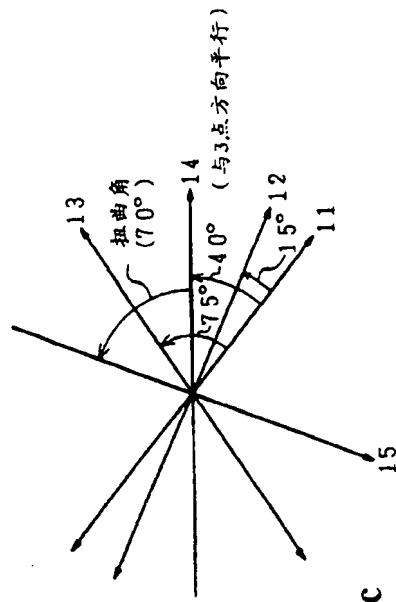


图 21c

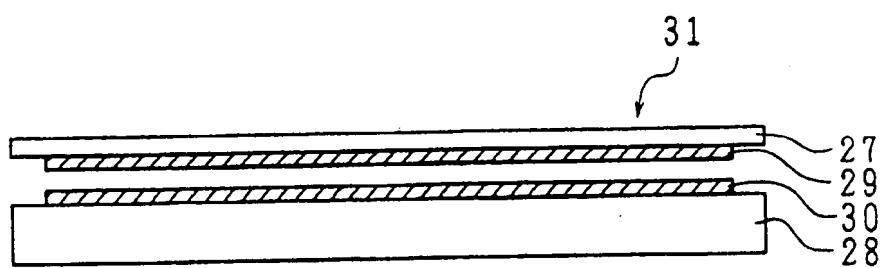


图 22

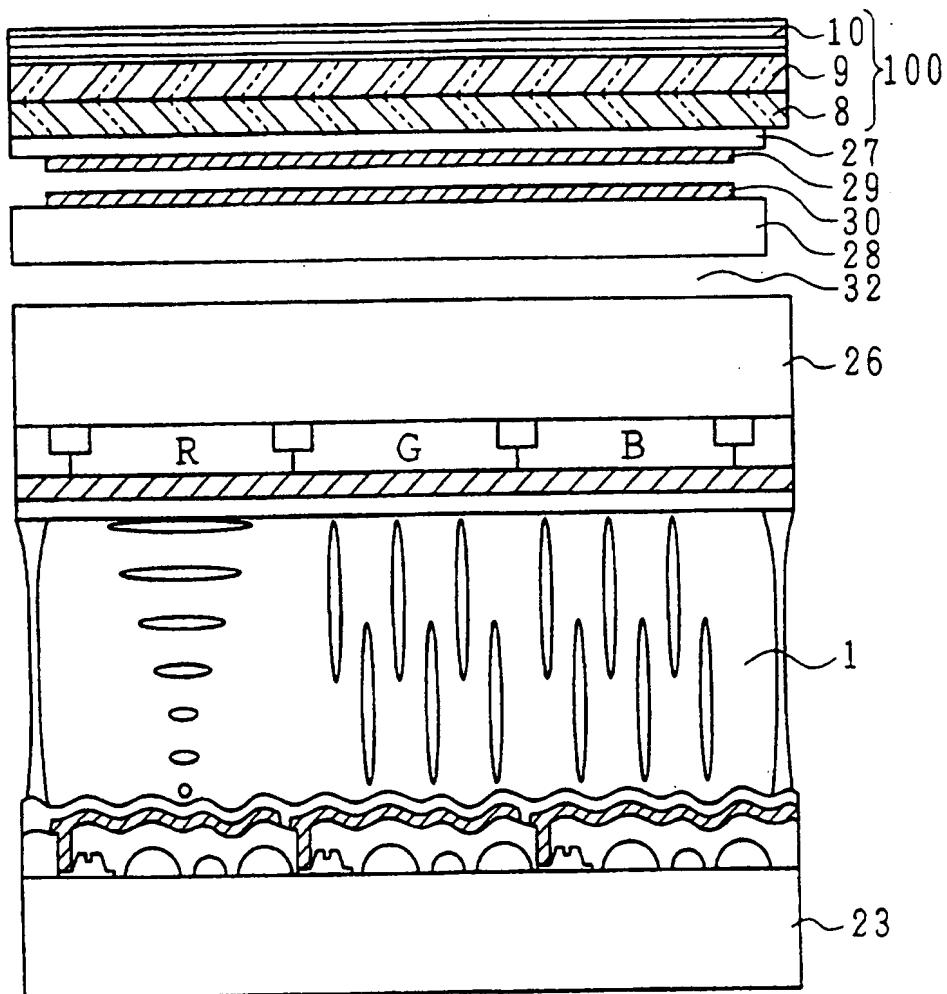


图 23

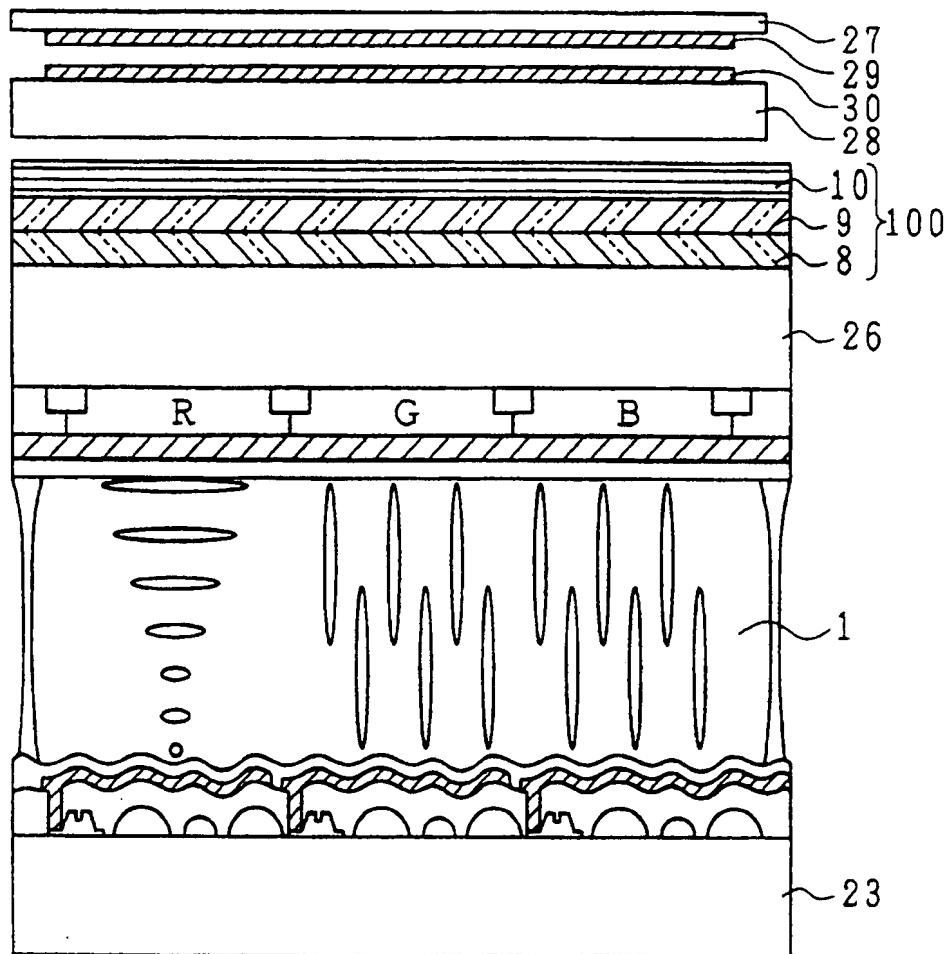


图 24

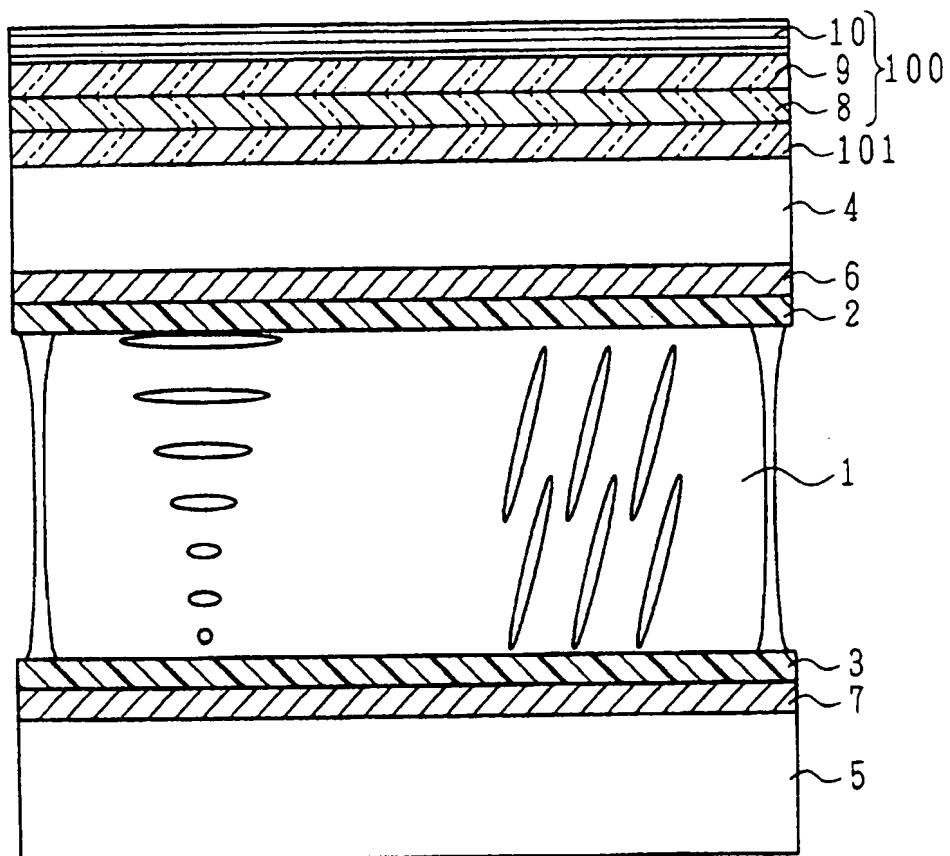


图 25

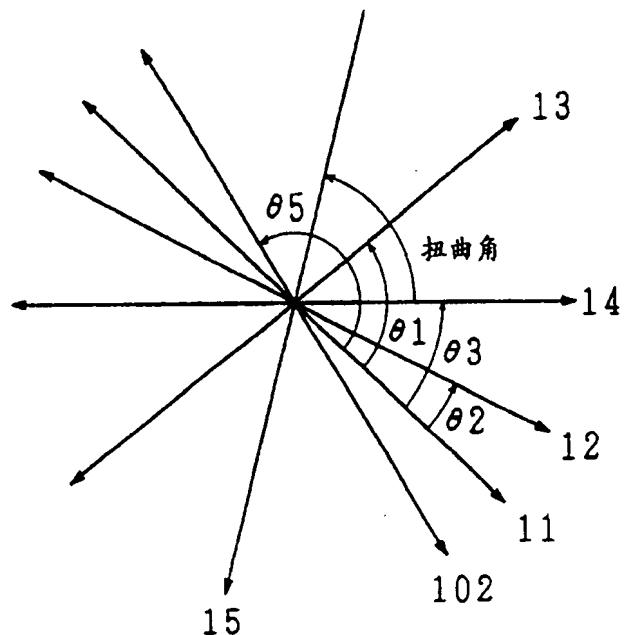


图 26

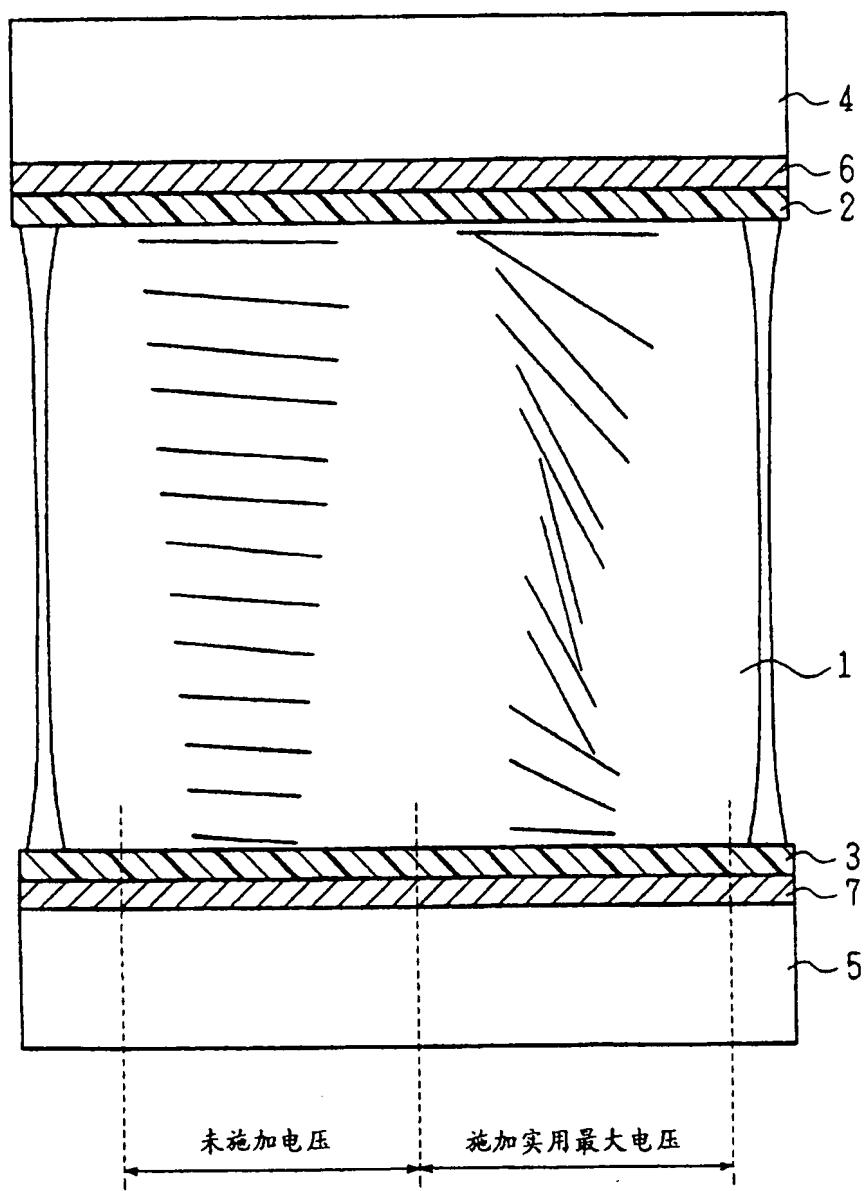


图 27

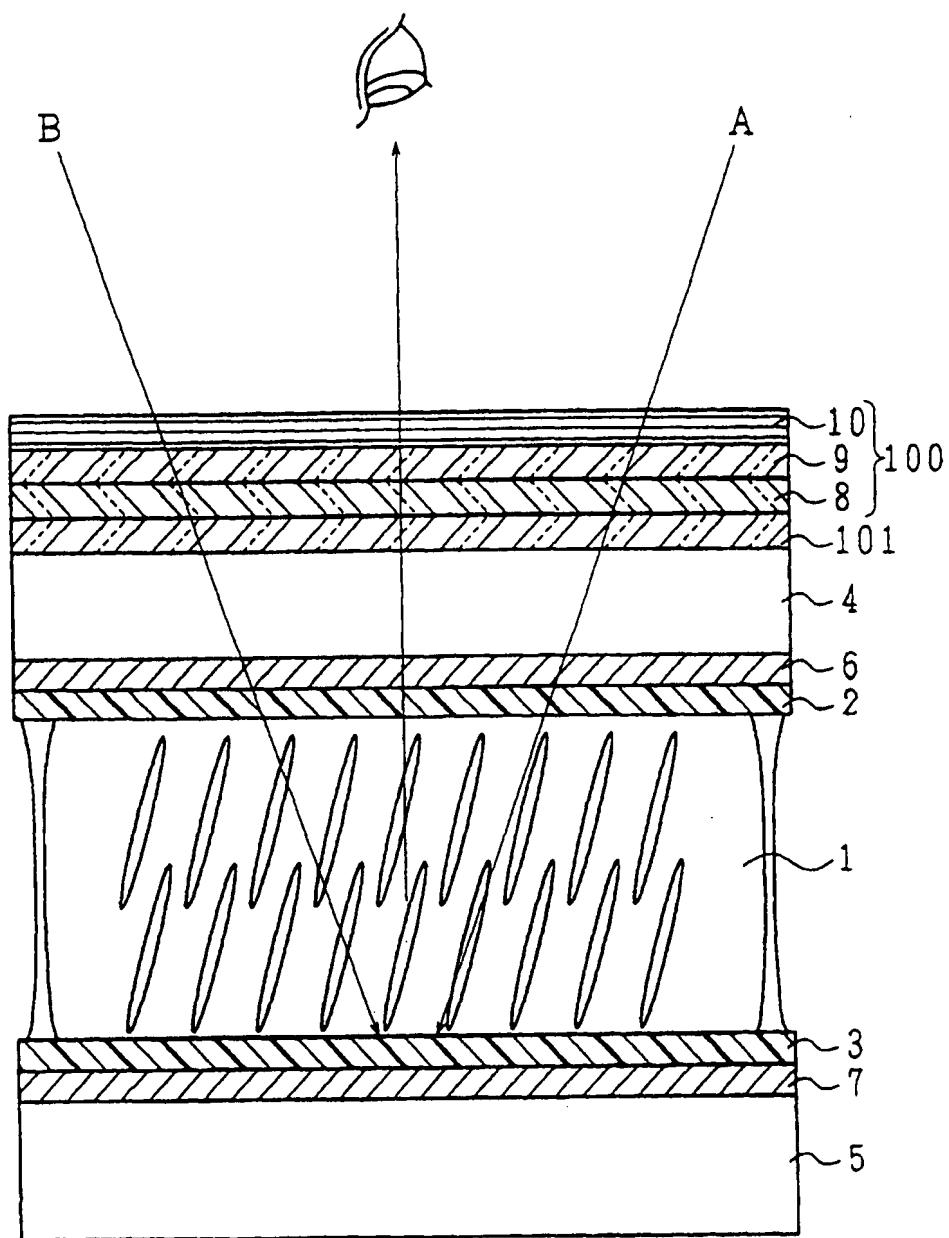


图 28

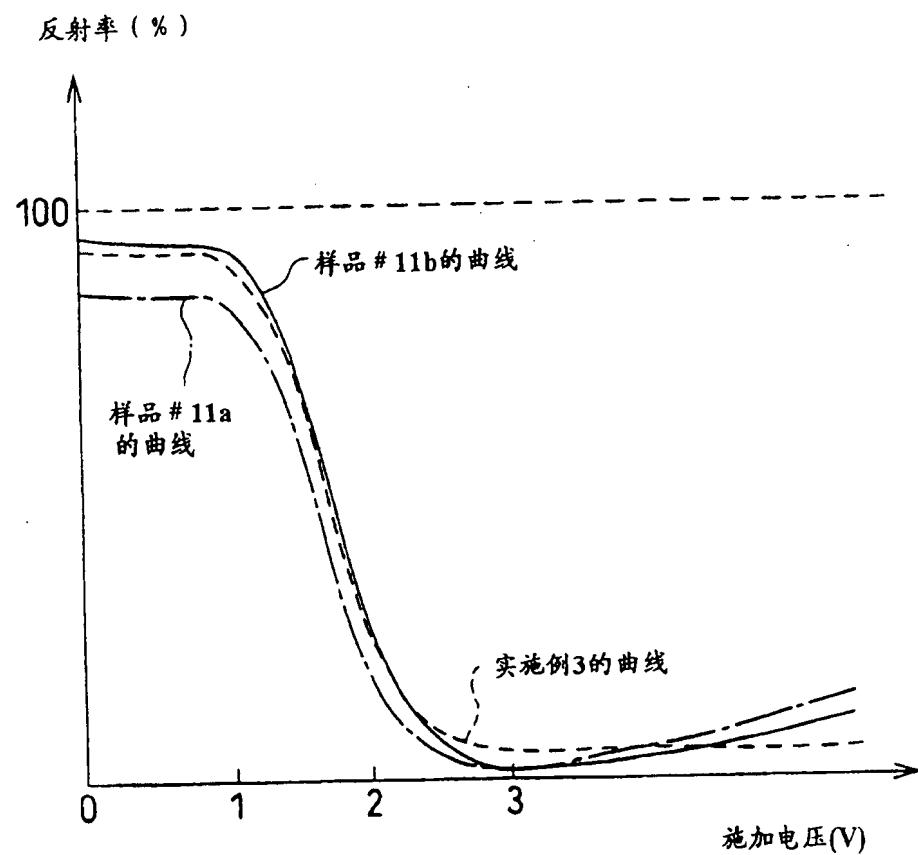


图 29

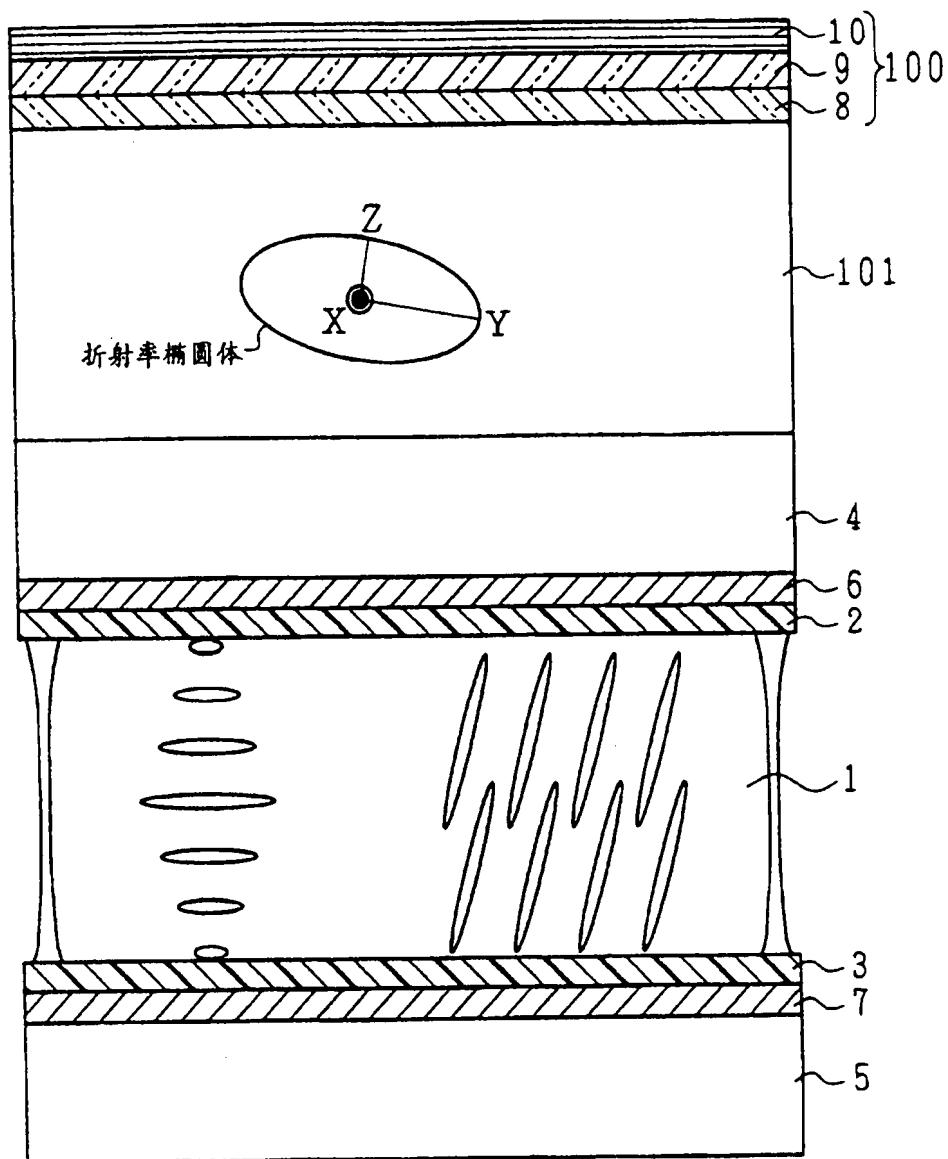


图 30

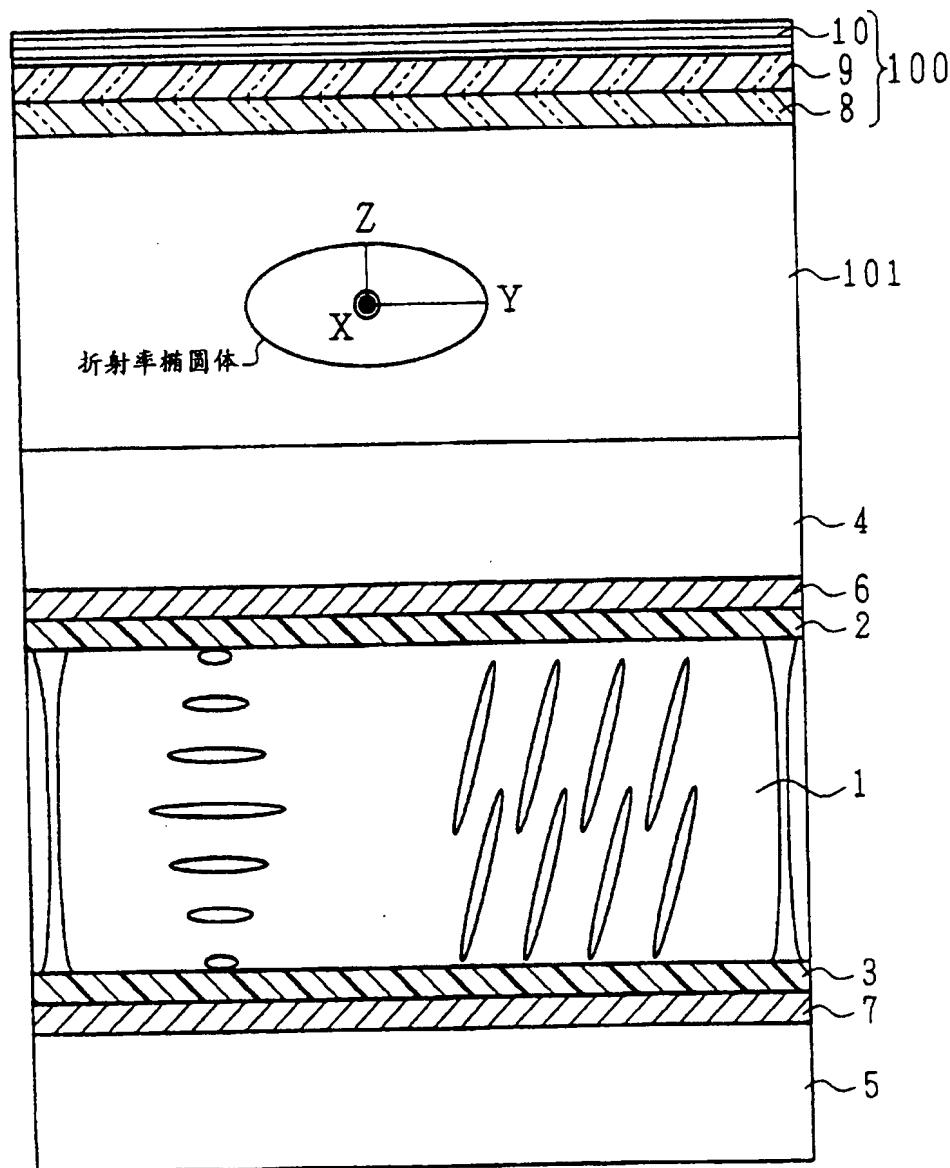


图 31